A REVIEW OF THE STATE-OF-THE-ART IN MARINE CLIMATOLOGY ON THE EAST COAST OF CANADA

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS EN MATIÈRE DE CLIMATOLOGIE MARITIME DE LA CÔTE EST DU CANADA

Environment Canada
Atmospheric Environment Service

Environnement Canada
Service de l'environnement atmosphérique

Canada

86-0346/

A REVIEW OF THE STATE-OF-THE-ART IN MARINE CLIMATOLOGY ON THE EAST COAST OF CANADA

REVUE DES PROGRÈS RÉCENTS EN MATIÈRE DE CLIMATOLOGIE MARITIME DE LA CÔTE EST DU CANADA

BY/PAR
V.R. SWAIL AND/ET L.D. MORTSCH

CLIMATOLOGICAL STUDIES
NUMBER 36

ÉTUDES CLIMATOLOGIQUES
NUMÉRO 36

© Minister of Supply and Services Canada 1984

Available in Canada through

Authorized Bookstore Agents
and other bookstores

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

Catalogue No. En57-7/36
ISBN 0-660-52775-8

Canada: $10.00
Other countries: $12.00

Price subject to change without notice.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue En57-7/36
ISBN 0-660-52775-8

Canada: $10.00
à l'étranger: $12.00

Prix sujet à changement sans avis préalable.

TABLE OF CONTENTS

Page

ACKNOWLEDGEMENTS i

EXECUTIVE SUMMARY iii

1. INTRODUCTION 1

PART I

2. RELEVANCE OF CLIMATOLOGY TO DESIGN 1

- 2.1 Wind 2
- 2.2 Icing 2
  - 2.2.1 Freezing Spray 2
  - 2.2.2 Freezing Precipitation 3
  - 2.2.3 Rime or Clear Ice 4
- 2.3 Air Temperature 4
- 2.4 Sea Surface Temperature 5
- 2.5 Windchill 5
- 2.6 Visibility 5
- 2.7 Clouds 6
- 2.8 Rainfall/Thunderstorms 6
- 2.9 Atmospheric Turbulence 6
- 2.10 Relative Humidity 7
- 2.11 Atmospheric Pressure 7
- 2.12 Combined Effects 7

3. AGENCIES INVOLVED IN MARINE CLIMATOLOGY 8

- 3.1 Government — Atmospheric Environment Service (AES) 8
- 3.2 Industry 9
- 3.3 Other Agencies 10

4. BIBLIOGRAPHIC REVIEW 11

- 4.1 Waves and Sea Ice 11
- 4.2 Wind 12
- 4.3 Ice Accretion 12
- 4.4 Cyclones and Anticyclones 12
- 4.5 Sea Surface Temperature 13
- 4.6 Other Studies 13

5. GAPS 13

- 5.1 Baseline Data 14
- 5.2 Storms 14
- 5.3 Wind Fields 14
  - 5.3.1 Representativeness of Wind Observations 16
  - 5.3.2 Design Winds 16
  - 5.3.3 Future Systems 16
- 5.4 Icing 17
  - 5.4.1 Freezing Spray 17
  - 5.4.2 Freezing Rain 17
  - 5.4.3 Rime or Clear Icing 17
- 5.5 Visibility 18
- 5.6 Sea Surface Temperature 18
- 5.7 Rainfall Rates 19

TABLE DES MATIÈRES

Page

REMERCIEMENTS i

SOMMAIRE GÉNÉRAL iii

1. INTRODUCTION 1

PARTIE I

2. PERTINENCE DE LA CLIMATOLOGIE POUR LA CONCEPTION 1

- 2.1 Vent 2
- 2.2 Givrage 2
  - 2.2.1 Embruns verglaçants 2
  - 2.2.2 Précipitations verglaçantes 3
  - 2.2.3 Givre blanc ou verglas 4
- 2.3 Température de l'air 4
- 2.4 Température à la surface de la mer 5
- 2.5 Froideur du vent 5
- 2.6 Visibilité 5
- 2.7 Nuages 6
- 2.8 Pluies/tempêtes 6
- 2.9 Turbulence atmosphérique 6
- 2.10 Humidité relative 7
- 2.11 Pression atmosphérique 7
- 2.12 Effets combinés 7

3. ORGANISMES PARTICIPANT À L'ÉTUDE DE LA CLIMATOLOGIE MARITIME 8

- 3.1 Gouvernement — Service de l'environnement atmosphérique (SEA) 8
- 3.2 Industrie 9
- 3.3 Autres organismes 10

4. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE 11

- 4.1 Vagues et glaces de mer 11
- 4.2 Vent 12
- 4.3 Givrage 12
- 4.4 Cyclones et anticyclones 12
- 4.5 Température à la surface de la mer 13
- 4.6 Autres études 13

5. LACUNES 13

- 5.1 Données de référence 14
- 5.2 Tempêtes 14
- 5.3 Champs du vent 14
  - 5.3.1 Représentativité des observations sur le vent 16
  - 5.3.2 Vents de projet 16
  - 5.3.3 Systèmes futurs 16
- 5.4 Givrage 17
  - 5.4.1 Embruns verglaçants 17
  - 5.4.2 Pluies verglaçantes 17
  - 5.4.3 Givre ou verglas 17
- 5.5 Visibilité 18
- 5.6 Température à la surface de la mer 18
- 5.7 Intensité des précipitations 19

5.8 Turbulence 19
5.9 Joint Distributions 19

6. **SUMMARY AND FUTURE WORK** 20

PART II

7. **DATA BASES FOR MARINE CLIMATOLOGY** 20

7.1 Transient Ship Data 20
7.2 Weathership Data 21
7.3 Drill rig Data 23
7.4 Land Data 25
7.5 Satellite Data 27
7.6 Precipitation Radar Data 27
7.7 Hindcast Data 28
7.8 Operational Model Data 30
7.9 Upper Air Data 30
7.10 Automatic Weather Stations 31
7.11 Other Data 31

8. **PARAMETER DESCRIPTIONS** 33

8.1 Wind 33
8.1.1 Averaging Period 35
8.1.2 Reference Height 36
8.1.3 Extreme Value Analysis 36
8.1.4 Wind Variability 38
8.2 Icing 38
8.2.1 Freezing Spray 39
8.2.2 Freezing Precipitation 40
8.2.3 Rime Icing 40
8.3 Visibility 41
8.4 Cloud 42
8.5 Rainfall 43
8.6 Lightning 44
8.7 Sea Surface Temperature 44
8.8 Air Temperature 45
8.9 Relative Humidity 46
8.10 Atmospheric Pressure 47
8.11 Turbulence 48
8.12 Storms 48
8.13 Combined Effects 49
8.14 Support Activities 49

9. **CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS** 50

9.1 Baseline Data 50
9.2 Wind 51
9.3 Icing 52
9.4 Other Parameters 52
9.5 Climate Analysis 53

10. **REFERENCES** 54

Appendix A — Climate Work Scope Statement 59
Appendix B — Climatology of East Coast Drilling Areas 64

5.8 Turbulence 19
5.9 Répartitions combinées 19

6. **RÉSUMÉ ET TRAVAUX FUTURS** 20

PARTIE II

7. **BASES DE DONNÉES POUR LA CLIMATOLOGIE MARITIME** 20

7.1 Données de navires de passage 20
7.2 Données de navires météorologiques 21
7.3 Données de plates-formes de forage 23
7.4 Données terrestres 25
7.5 Données satellitaires 27
7.6 Données radar des précipitations 27
7.7 Données rétrospectives 28
7.8 Données des modèles opérationnels 30
7.9 Données aérologiques 30
7.10 Stations météorologiques automatiques 31
7.11 Autres données 31

8. **DESCRIPTIONS DES PARAMÈTRES** 33

8.1 Vent 33
8.1.1 Période moyenne 35
8.1.2 Hauteur de référence 36
8.1.3 Analyse de la valeur extrême 36
8.1.4 Variabilité du vent 38
8.2 Givrage 38
8.2.1 Embruns verglaçants 39
8.2.2 Précipitations verglaçantes 40
8.2.3 Givre blanc ou verglas 40
8.3 Visibilité 41
8.4 Nuage 42
8.5 Pluies 43
8.6 Éclair 44
8.7 Température à la surface de la mer 44
8.8 Température de l'air
8.9 Humidité relative 46
8.10 Pression atmosphérique 47
8.11 Turbulence 48
8.12 Tempêtes 48
8.13 Effets combinés 49
8.14 Activités de soutien 49

9. **CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS** 50

9.1 Données de référence 50
9.2 Vent 51
9.3 Givrage 52
9.4 Autres paramètres 52
9.5 Analyse climatologique 53

10. **RÉFÉRENCES** 54

Annexe A — Définition de l'objectif des travaux climatologiques 59
Annexe B — Climatologie des zones de forage sur la côte est 64

LIST OF TABLES

1. Parameters observed by ships 22
2. Parameters observed at land stations (hourly and synoptic) 26
3. Parameters observed at automatic weather stations 32
4. Sea Surface Temperature Statistics (°C) .. 73
5. Air Temperature Statistics (°C) 74
6. Windchill Statistics (w/m²) 75
7. Icing Statistics 77
8. Visibility Statistics (nmi) 79
9. Cloud Cover Statistics 80
10. Flying Weather Statistics 81
11. Frequency of Heavy Rain and Thunderstorms 82

LISTE DES TABLEAUX

1. Paramètres observés par les navires 22
2. Paramètres observés aux stations terrestres (horaires et synoptiques) 26
3. Paramètres observés aux stations météorologiques automatiques 32
4. Statistiques sur la température à la surface de la mer 73
5. Statistiques sur la température de l'air 74
6. Statistiques sur l'indice de froideur du vent (w/m²) 75
7. Statistiques sur la givrage 77
8. Statistiques sur la visibilité (nmi) 79
9. Statistiques sur la nébulosité 80
10. Statistiques sur les conditions de vol 81
11. Fréquence de pluies fortes et tempêtes 82

LIST OF FIGURES

1. Density of Ship-of-Opportunity Observations 15
2. Canadian East Coast Locations of Upper Air, Automatic and Ocean Weather Stations 24
3. East coast drilling areas 65
4. Mean Storm Tracks (January) 66
5. Mean Storms Tracks (July) 67
6. Prevailing Surface Current Direction 68

LISTE DES FIGURES

1. Densité des observations de navires de passage 15
2. Localisations sur la côte Est du Canada des stations météorologiques en altitude, automatiques et océaniques 24
3. Zones de forage sur la côte Est 65
4. Trajectoires moyennes des tempêtes (janvier) 66
5. Trajectoires moyennes des tempêtes (juillet) 67
6. Direction prédominante des courants en surface 68

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their appreciation to all those who helped in the preparation of this report. In particular, the authors would like to thank W.D. Hogg, J.B. Maxwell, T. Agnew, W.G. Richards, C.F. MacNeil, A. Saulesleja and B.F. Findlay for review of the various draft manuscripts, and Dr. A.D.J. O'Neill and W.I. Pugsley, both for review of the manuscripts and valuable guidance in the preparation of the report.

The authors also wish to express their gratitude to Lou-Ann Hotz and Una Ellis for the typing and word processing of the various drafts and the final report.

Finally, the financial support provided by the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster for this project is gratefully acknowledged.

Photographs reproduced on the cover were taken by Atmospheric Environment Service personnel.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé à la préparation de ce rapport. En particulier, nous aimerions témoigner notre reconnaissance à W.D. Hogg, J.B. Maxwell, T. Agnew, W.G. Richards, C.F. MacNeil, A. Saulesleja et B.F. Findlay, qui ont étudié les divers manuscrits provisoires, et à M. A.D.J. O'Neill et W.I. Pugsley, qui ont non seulement étudié les manuscrits mais aussi fourni des directives utiles à la préparation du rapport.

Nous souhaitons également remercier Lou-Ann Hotz et Una Ellis qui ont assuré la frappe et le traitement de texte des divers rapports provisoires et du rapport final.

Finalement, nous aimerions également remercier la Commission Royale sur le Désastre Marin de l'Ocean Ranger pour son soutien financier.

Les photographies sur la couverture de ce rapport ont été prises par le personnel météorologique du Service de l'environnement atmosphérique.

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this two-part report is to provide a state-of-the-art review of marine climatology off the east coast of Canada. This has been prepared in support of the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster. The report's terms of reference are specified in Appendix A. The focus of this report is human safety in offshore exploratory drilling and support activities.

Part I describes the hazards to human safety posed by the atmosphere. In addition, a review of research activities related to marine climatology to date, and the agencies involved, is presented. Finally, deficiencies in knowledge are identified.

Part II describes meteorological observing and analysis techniques for the identified parameters, and describes in detail the deficiencies in the present state of knowledge of marine climatology. Recommendations are made to improve the understanding of the marine environment, as related to human safety in offshore exploration activities.

This report deals only with atmospheric parameters; waves, ice and oceanography will be addressed in separate reports.

SOMMAIRE GÉNÉRAL

Ce rapport, divisé en deux parties, vise à présenter un compte rendu de l'état de l'art en climatologie marine sur la côte Est du Canada. Il a été préparé pour aider la Commission Royale sur le Désastre Marin de l'Ocean Ranger. Le mandat de la Commission est précisé à l'annexe A. Ce rapport met l'accent sur la sécurité des opérations de soutien et de forage exploratoires au large des côtes.

La première partie décrit les risques que pose l'atmosphère, en termes de sécurité humaine. En outre, elle examine les activités de recherche entreprise jusqu'à ce jour en climatologie maritime, et cite les organismes participants. Finalement, elle identifie les lacunes dans nos connaissances en climatologie.

La seconde partie décrit les techniques d'observation et d'analyse météorologiques des paramètres identifiés et précise les lacunes dans nos connaissances en climatologie maritime. Elle fait également des recommandations sur les moyens d'accroître notre compréhension du milieu marin, en termes de sécurité des opérations d'exploration au large des côtes.

Ce rapport ne traite que des paramètres atmosphériques; les vagues, les glaces et l'océanographie feront l'objet de rapports distincts.

PART I

The climatology of atmospheric parameters is very important to the design of structures and operating systems for offshore exploration. Using historical data, it is possible to quantify the risks to human safety posed by the atmosphere.

Of all atmospheric parameters, wind has the greatest potential for risk to human safety. The wind may exert considerable force on a structure, and create dangerous working conditions for personnel on exposed decks. Wind is also the major forcing factor in generating waves, currents and freezing spray.

Ice accretion is a major hazard to drill rigs, supply vessels and particularly helicopters. Icing may occur due to freezing spray, freezing precipitation, or rime or clear ice in cloud. The stability of rigs and ships may be adversely affected by large amounts of accreted ice. In addition, working conditions will be hazardous due to slippery decks. Ice accretion may also hamper deployment of lifeboats. Helicopter operation is extremely dangerous in icing conditions, due to sudden ice-induced engine failure and icing of rotor blades, causing loss of control and higher stall speeds. Helicopters may be affected by any of the three types of icing.

The presence of low cloud ceilings and reduced visibilities make flying dangerous. Specific operating limits are required for take-off and landing and visual flight rules (VFR) travel enroute. Reduced visibility may also contribute to collisions between supply vessels, drill rigs and icebergs.

Hazards to human safety may occur due to extremely cold air temperatures and windchill. Survival time for personnel in the water is greatly reduced for cold sea temperatures. In addition, hazards can occur due to lightning strikes, particularly on aircraft, turbulence in the wind field, high humidity and salt content, which may affect sensitive electronic equipment, and inadequate drainage for heavy rainfall rates.

A brief description of the climatology of marine areas off the east coast of Canada, highlighting the critical parameters, can be found in Appendix B.

The majority of work in marine climatology in Canada is done by the Atmospheric Environment Service (AES) of the federal Department of Environment. The AES participates in data collection, quality control and archiving, and in instrument development, as well as provision of

PARTIE I

La climatologie des paramètres atmosphériques est très importante pour la conception des structures et des systèmes opérationnels destinés à l'exploration au large des côtes. Grâce aux données historiques, on peut quantifier les risques que pose l'atmosphère, en termes de sécurité humaine.

De tous les paramètres atmosphériques, le vent est celui qui potentiellement présente le plus de risques pour l'homme. Il peut exercer une force considérable sur une structure et créer des conditions de travail dangereuses pour les personnes travaillant sur des ponts exposés. Le vent est également la force principale qui préside à la création des vagues, des courants et des embruns verglaçants.

Le givrage est aussi très dangereux pour les plates-formes de forage, les ravitailleurs et surtout les hélicoptères. Il peut se produire à cause d'embruns verglaçants, de précipitations verglaçantes ou encore de givre blanc ou de verglas en nuage. Un fort givrage peut avoir des effets néfastes sur la stabilité des plates-formes et des navires. De plus, les ponts glissants rendront les conditions de travail dangereuses. Les opérations en hélicoptère sont extrêmement dangereuses en temps de givrage; en effet, les conditions de givrage peuvent entraîner une panne soudaine des moteurs, à cause de la glace, et le givrage des pales de rotor, entraînant une perte de contrôle et des vitesses de décrochage plus élevées. Tout hélicoptère peut être affecté par chacun des trois types de givrage.

Des nuages à plafond bas et une visibilité réduite engendrent également des conditions de vol dangereuses. Il faut respecter des limites spécifiques pour le décollage et l'atterrissage, et les règles de vol à vue (VFR) en route. Une visibilité réduite peut également entraîner une collision entre ravitailleurs, plates-formes de forage et icebergs.

Les vies humaines peuvent être mises en danger lorsque les températures atmosphériques sont extrêmement froides et que l'indice de froideur du vent est extrêmement élevé. Le temps de survie d'une personne dans l'eau est fortement réduit lorsque la température de la mer est froide. En outre, certains risques peuvent résulter d'un coup de foudre (particulièrement sur un aéronef), de turbulence dans le champ du vent, de fortes humidité et salinité (pouvant affecter les dispositifs électroniques sensibles) de l'atmosphère, et de drainage mal adapté aux pluies abondantes.

Dans l'annexe B, vous trouverez une brève description climatologique des zones maritimes sur la côte Est du Canada; les paramètres critiques y sont mis en évidence.

La majeure partie des travaux en climatologie maritime au Canada est réalisée par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) du Ministère fédéral de l'Environnement. Le SEA participe à la collecte des données, au contrôle de la qualité et à l'archivage des données, à la mise au point

climate information and expertise, and applied climate research.

Oil industry activities related to climate largely parallel those of government, in data acquisition, archiving and system development. However, many industry studies are site-specific and proprietary. Also, the main thrust of work to date has been concentrated on parameters outside the scope of this report, such as waves and sea ice.

Other agencies have contributed to the knowledge of marine climatology, particularly for wind. These include the Bedford Institute of Oceanography and the Marine Environmental Data Service, both of the federal Department of Fisheries and Oceans, and the United States Army and Navy.

A survey of literature on atmospheric parameters reveals that considerable work has been done on various aspects of wind, icing, sea surface temperature and storms. However, much of the work has been peripheral to requirements related to marine climatology. For example, much of the work on wind fields is directed toward wave hindcasting. Icing research has been concentrated on theoretical concerns. Other parameters have been largely ignored.

It is evident that many parameters have not been adequately addressed. These deficiencies are treated in detail in Part II of this report.

d'instruments, à la recherche en climatologie appliquée, ainsi qu'à la provision d'informations et de conseils spécialisés sur le climat.

Les activités de l'industrie pétrolière, liées au climat, sont fort semblables à celles du gouvernement, en ce qui concerne la saisie des données, l'archivage et l'élaboration de systèmes. Toutefois, de nombreuses études industrielles sont spécifiques à un lieu donné et privées. De plus, jusqu'à présent, les travaux ont surtout porté sur l'étude de paramètres n-entrant pas dans le cadre de ce rapport, comme les vagues et les glaces de mer.

D'autres organismes ont contribué à l'accroissement des connaissances en climatologie maritime, particulièrement pour le vent. Il s'agit de l'Institut océanographique de Bedford, du Service de données sur le milieu marin (tous deux du ministère fédéral Pêches et Océans), et de l'armée et de la marine américaine.

Une étude bibliographique sur les paramètres atmosphériques révèle que beaucoup de travaux ont été faits sur les diverses caractéristiques du vent, du givrage, des températures à la surface de la mer et des tempêtes. Toutefois, beaucoup de ces travaux n'étaient pas centrés directement sur la climatologie maritime. Par exemple, l'étude des champs du vent est généralement orientée vers la prévision à posteriori des vagues. La recherche sur le givrage a surtout porté sur les questions théoriques; quant à d'autres paramètres, ils ont pour une bonne part été ignorés.

Il est évident que beaucoup de paramètres n'ont pas encore fait l'objet d'études adéquates. La seconde partie de ce rapport analyse en détail ces lacunes.

PART II

Data used in marine climatological studies are derived from many sources. The most frequently used data bases are listed below:

Transient ships
Weatherships
Drill rigs
Buoys
Land stations
Hindcasts

Other data sets sometimes used for specific studies include satellite, radar and operational model data.

The data obtained from these data bases vary widely in quality, quantity and applicability for climatological analysis.

The data quality is affected by the instrumentation and the training and motivation of the observer. All shipboard data are prone to problems arising from instrument siting and the effect of the superstructure on the measurement. This is a particularly serious problem on drill rigs. On many transient

PARTIE II

Les données utilisées pour les études en climatologie maritime proviennent de plusieurs sources. Les bases de données le plus fréquemment utilisées sont énumérées ci-dessous:

Navires de passage
Navires météorologiques
Plates-formes de forage
Bouées
Stations terrestres
Prévisions à posteriori

On utilise parfois d'autres ensembles de données pour des études spécifiques, notamment les ensembles de données satellitaires, de radar et obtenues à partir de modèles opérationnels.

Ces données varient fortement en qualité, en quantité et en applicabilité à l'analyse climatologique.

L'instrumentation, de même que la formation et la motivation de l'observateur, influent sur la qualité des données. Toutes les données de navire ont tendance a être cause de problèmes, vu la localisation des instruments et l'effet de la superstructure sur les mesures. Ce facteur est

ships instrumentation is limited, leading to estimated values for many fields. Instrumentation at land stations is generally well-sited, but the data are often not representative of the marine environment.

Training of observers is highly variable, ranging from several months for AES and weather-ship observers, to one or two weeks for drill rig personnel, to nil for many observers on transient ships. Motivation is also an important factor; weather observing is not the primary function fcr some observers.

Spatial coverage of marine areas is poor for land stations, buoys and weatherships, and is variable for drill rigs and transient ships. Drill rigs operate only in a few specific locations, while transient ships tend to follow well-defined shipping lanes, leaving many data-sparse areas.

Temporal coverage is very good for land stations and weatherships. Drill rigs and buoys provide good time series, although of limited extent. Transient ship observations extend from the 1800's, but do not provide useful time series.

Only data from land stations and weatherships are appropriate for many important climatological analyses, such as persistence and extreme value analysis, although drill rig and buoy data may be used in limited persistence studies.

To overcome this deficiency, hindcast data have been produced, particularly for wind. Hindcast data are synthesized from historical records such as surface and upper air weather maps, using theoretical models of the atmosphere and ocean. As such, they must be verified against quality surface measurements. Hindcast data are ideally suited to most climatological analyses from the point of view of spatial and temporal coverage, provided that their accuracy has been confirmed by comparison with measurements.

Satellites have been used increasingly in recent years to produce data for a wide variety of parameters. As satellites do not measure directly the values of the required parameters, their data must be verified against surface measurements. Present satellite data bases are inappropriate for

particulièrement important lorsqu'il s'agit de plates-formes de forage. L'instrumentation de beaucoup de navires de passage est limitée, ce qui entraîne seulement une estimation de la valeur de nombreux champs. Aux stations terrestres, les instruments sont généralement bien localisés, mais les données obtenues ne sont pas souvent représentatives du milieu marin.

Les observateurs suivent une formation qui peut varier considérablement, allant de plusieurs mois pour les observateurs employes au SEA et sur des navires météorologiques, à une ou deux semaines pour le personnel des plates-formes de forage, ou même à aucune formation pour de nombreux observateurs travaillant sur les navires de passage. La motivation constitue également un facteur important; en effet, pour certains observateurs, l'observation météorologique ne représente pas le principale responsabilité.

La couverture spatiale des zones maritimes est médiocre pour les données de stations terrestres, de bouées et de navires météorologiques; elle est variable pour les plates-formes de forage et les bateaux de passage. Les plates-formes de forage n'opèrent qu'en certains lieux spécifiques peu nombreux, tandis que les navires de passage ont tendance à suivre des routes de navigation bien définies, laissant de nombreux secteurs avec des données éparses.

La couverture temporelle des données de stations terrestres et de navires météorologiques est excellente. Les plates-formes de forage et les bouées fournissent de bonnes séries chronologiques de portée limitée. Les observations de navires de passage remontent aux années 1800, mais ne fournissent pas de séries chronologiques utiles.

Seules les données de stations terrestres et de navires météorologiques sont utiles à de nombreuses analyses climatologiques importantes, comme l'analyse de la persistance et de la valeur extrême; toutefois, les données de plates-formes de forage et de bouées peuvent servir à des études limitées de la persistance.

Pour combler cette lacune, on a produit des données rétrospectives, particulièrement sur le vent. Les données rétrospectives sont établies à partir de relevés historiques comme les cartes météorologiques en surface et en haute atmosphère, grâce à des modèles théoriques de l'atmosphère et de l'océan. Elles doivent donc être comparées aux mesures en surface pour s'assurer de leur qualité. Elles s'adaptent parfaitement à la plupart des analyses climatologiques sur le plan spatial et temporel, à condition que leur précision ait été vérifiée par comparaison.

Ces dernières années, on a de plus en plus utilisé les satellites pour obtenir des données sur divers paramètres. Puisque les satellites ne mesurent pas directement les paramètres requis, il faut vérifier leurs données par rapport aux mesures en surface. Actuellement, les bases de données

any climatological analysis, due to their short term and the sporadic nature of their coverage.

The primary factor inhibiting our understanding of the marine environment is a general lack of baseline data for all parameters, particularly in winter.

As a result, many important analyses cannot be performed, and some that are done are of questionable quality.

The present data base of wind information is insufficient to adequately define the temporal and spatial variability of the wind field, the effects of structures on the wind field, or the extreme values to be expected.

Similarly, few measurements of icing exist over the ocean, particularly with respect to its vertical distribution. Thus, it is difficult to verify existing methods for producing icing statistics, or to develop new techniques. For atmospheric icing, most of the present techniques were developed over land, so their applicability to the marine environment is unknown.

Visibility and cloud ceiling measurement can be quite difficult at sea, especially at night. Therefore, the statistics of these data are somewhat questionable. Shipboard automatic stations would provide consistent information on these parameters.

The present density of sea surface temperature observations is inadequate to describe the complex nature of the sea surface temperature patterns on the east coast, particularly near the Gulf Stream. Some work has been done using infra-red sensors from satellite, but these analyses are frequently curtailed by cloud. Microwave sensors, capable of penetrating cloud are not yet operational.

Weather conditions at supporting land stations may critically affect emergency response capability, yet very little work has been done regarding the frequency of adverse weather, particularly flying conditions, at these locations.

Hazardous conditions may result from combinations of factors, such as high winds, low visibilities and heavy icing, that would not occur with their independent occurrence. However, evaluation of these combinations has been overlooked to date.

Little work has been done on the measurement and/or analysis of air temperature, rainfall rates at sea, low-level atmospheric turbulence or lightning.

satellitaires ne conviennent à aucune analyse climatologique, vu la courte période sur laquelle porte le relevé et sa nature irrégulière.

Le principal facteur qui nous empêche de mieux comprendre le milieu marin est un manque général de données de référence sur tous les paramètres, particulièrement en hiver.

Par conséquent, de nombreuses analyses importantes ne peuvent pas être réalisées, et la qualité de certaines analyses réalisées est discutable.

La base de données sur le vent dont nous disposons actuellement est insuffisante pour définir de façon adéquate la variabilité temporelle et spatiale du champ de vent, l'effet des structures sur le champ du vent, ou les valeurs extrêmes auxquelles on peut s'attendre.

De même, il n'existe que peu de mesures du givrage au-dessus de l'océan, particulièrement quant à sa distribution verticale. Il est donc difficile de contrôler les méthodes existantes pour établir des statistiques sur le givrage ou mettre au point de nouvelles techniques. Pour le givrage atmosphérique, la plupart des techniques utilisées actuellement ont été mises au point en milieu terrestre et nous ignorons donc leur applicabilité au milieu marin.

En mer, la mesure de la visibilité et du plafond des nuages peut se révéler relativement difficile, particulièrement durant la nuit. C'est pourquoi, les statistiques établies à partir de ces données sont quelque peu discutables. Les stations automatiques à bord de navires fournissent des informations plus homogènes sur ces paramètres.

La densité actuelle des ensembles de données sur la température à la surface de la mer ne permet pas de décrire la nature complexe des configurations de la température à la surface de la mer sur la côte Est, particulièrement à proximité du Gulf Stream. On a fait certaines observations à l'aide de détecteurs infrarouges installés sur satellite, mais ces analyses ont fréquemment été limitées à cause des nuages. Les détecteurs à micro-ondes capables de traverser les nuages, ne sont pas encore opérationnels.

Les conditions météorologiques aux stations terrestres de soutien peuvent influer considérablement sur la capacité de réponse en cas d'urgence, mais peu d'études ont porté sur la fréquence de conditions météorologiques adverses enregistrées à ces stations, particulièrement pour les opérations aériennes.

Des conditions dangereuses peuvent résulter d'une combinaison de divers paramètres, par exemple de grands vents avec une visibilité réduite et un fort givrage, alors que l'occurrence indépendante de ces facteurs ne présenterait pas de risque. Toutefois, jusqu'à ce jour, on a négligé l'étude de ces combinaisons.

Peu d'études ont été réalisées sur la mesure et l'analyse des températures de l'air, sur l'intensité des précipitations en mer, sur la turbulence atmosphérique à basse altitude, ou sur les éclairs.

Recommendations to improve the knowledge and understanding of marine climatology on the east coast of Canada are listed below, by category.

General

Detailed reviews of the state-of-the-art are required for wind and icing, including a comprehensive literature search and recommendations for a coordinated action plan.

More high-quality baseline data are required over the ocean for all fields.

Data Acquisition

Drifting buoys, measuring a few parameters such as atmospheric pressure, air and sea temperature, should be regularly deployed along the east coast.

Moored buoys, similar to those now operated by the United States should be deployed on the Scotian shelf and Grand Banks.

Shipboard automatic stations should be implemented wherever possible on ships and rigs.

A program should be initiated on and around several drill rigs to measure the variability of the wind in space and time, and the effect of the rig on airflow. Experimental turbulence measurements should be done simultaneously.

A program should be initiated to measure ice accretion on supply ships, drill rigs and helicopters, including the vertical distribution of icing. These data should then be compared against theoretical values.

Satellite systems capable of measuring atmospheric and oceanographic parameters should be supported. Of particular importance are wind measuring scatterometer systems, and microwave sensors for sea surface temperature.

Investigation into the utility of high frequency radar and bottom-mounted acoustic sounders for wind measurement should be initiated or continued for Canadian waters.

Existing hindcast data sets should be evaluated against quality measured surface data. If no suitable hindcast sets can be identified, a new hindcast, specific to Canadian coastal waters, should be produced.

Climate Analysis

Published climatologies, contingency plans and impact statements should include, in addition to the frequency analyses usually produced:

Vous trouverez ci-après, classées par catégorie, les recommandations à suivre pour accroître nos connaissances et mieux comprendre la climatologie maritime sur la côte Est du Canada:

Généralités

Il faut entreprendre des études approfondies de l'état de nos connaissances en ce qui concerne le vent et le givrage; il faut notamment faire une étude bibliographique approfondie et faire des recommandations pour agencer un plan opérationnel.

Il faut obtenir davantage de données de référence de haute qualité au-dessus de l'océan, et ce pour tous les champs.

Saisie des données

Des bouées dérivantes, mesurant quelques paramètres comme la pression atmosphérique, les températures de l'air et de la mer, devraient être régulièrement déployées le long de la côte.

Des bouées ancrées, semblables à celles qu'utilisent actuellement les États-Unis, devraient être installées sur le plateau continental de Scotian et sur les Grands Bancs.

Dans la mesure du possible, il faudrait installer des stations automatiques à bord de navires et de plates-formes.

sur les plates-formes de forage et à proximité de ces dernières, il faudrait entreprendre un programme de mesures de la variabilité spatiale et temporelle du vent, et étudier l'effet de la plate-forme sur le flux d'air. Simultanément, il faudrait mesurer expérimentalement la turbulence.

Il faudrait commencer à mesurer le givrage sur les ravitailleurs, les plates-formes de forage et les hélicoptères, en étudiant notamment la distribution verticale du givrage. Ces données devraient ensuite être comparées aux valeurs théoriques.

Il faudrait favoriser l'installation de systèmes satellitaires capables de mesurer les paramètres atmosphériques et océanographiques. Les dispersomètres mesurant le vent et les détecteurs à micro-ondes pour les températures à la surface de la mer sont particulièrement importants.

Il faudrait commencer, ou poursuivre, l'étude de l'utilité des radars à haute fréquence et des sondes accoustiques installées au fond de la mer, pour la mesure du vent dans les eaux canadiennes.

Il faudrait comparer la qualité des ensembles de données rétrospectives existantes à celle des données de mesure en surface. Si aucun ensemble de données rétrospectives ne semble adéquat, il faudrait établir un nouvel ensemble, spécifique pour les eaux côtières du Canada.

Analyse climatologique

En plus des analyses de fréquence généralement produites, les études climatologiques publiées, les plans d'urgence et la définition des répercussions devraient inclure:

Persistence, extreme values and gust factors of winds.

Persistence analysis of low ceilings and visibilities.

Frequency and persistence of icing conditions.

Frequency of thunderstorms and heavy rains.

Minimum and maximum air temperatures, persistence of high and low values, and wind-chill frequencies and extremes.

Statistical summaries of cyclonic storm distribution, frequencies, persistence and intensity.

Joint frequency distributions of hazardous combinations of conditions, such as high winds and low visibility.

Frequencies and persistence of adverse weather conditions, particularly flying weather, for all supporting land stations, both independent of, and combined with, adverse weather conditions at drill sites.

la persistance, les valeurs extrêmes et les facteurs de rafale des vents;

l'analyse de la persistance des plafonds bas et des visibilités réduites;

la fréquence et la persistance des conditions de givrage;

la fréquence des orages et des pluies abondantes;

les températures de l'air minimales et maximales, la persistance des maxima et minima, et les fréquences et extrêmes de l'indice de refroidissement du vent;

des sommaires statistiques sur la distribution, la fréquence, la persistance et l'intensité des tempêtes cycloniques;

les distributions de fréquences des combinaisons de conditions dangereuses, tels que de grands vents avec une visibilité réduite;

la fréquence et la persistance de conditions météorologiques adverses, particulièrement pour les opérations aériennes, pour toutes les stations terrestres de soutien, à la fois indépendamment des conditions météorologiques adverses prévalant aux stations de forage et conjointement.

1. INTRODUCTION

The objective of this report is to provide a state-of-the-art review of marine climatology off the east coast of Canada in support of the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster. The focus of this report is improving human safety in offshore exploration including support activities. The Commission's Terms of Reference for this study are included in Appendix A.

The report is divided into two parts. Part I identifies the atmospheric parameters which pose a hazard to human safety, and describes the nature of the hazard. In addition, a review of research activities in marine climatology of the east coast to date, and the agencies involved, is presented. Finally, an evaluation is made of the deficiencies in the present state of knowledge with respect to the critical parameters.

Part II provides a review of observing and analysis techniques for identified parameters. In addition, a detailed discussion of the deficiencies identified in Part I is presented. Finally, recommendations are made to improve the state of knowledge and understanding of marine climatology as related to human safety in offshore exploration activities.

Only meteorological elements are considered in this study. Other factors important to offshore drilling activities, such as waves, sea ice and oceanographic parameters, are to be addressed by other reports.

1. INTRODUCTION

Ce rapport vise à présenter l'état de l'art de la climatologie maritime sur la côte Est du Canada pour aider la Commission Royale sur le Désastre Marin de l'Ocean Ranger. Il porte surtout sur l'amélioration de la sécurité humaine lors des opérations d'exploration au large des côtes, notamment lors des activités de soutien. Le mandat de la Commission pour cette étude est inclus à l'annexe A.

Le rapport est divisé en deux parties. La première identifie les paramètres atmosphériques qui présente un risque pour l'homme et décrit la nature de ce risque. En outre, cette partie contient un compte rendu des activités de recherche en climatologie maritime entreprises jusqu'à ce jour sur la côte Est, et elle mentionne le nom des organismes participants. Finalement, elle évalue les lacunes dans nos connaissances quant aux paramètres critiques.

La seconde partie passe en revue les techniques d'observation et d'analyse des paramètres identifiés. En outre, elle détaille les lacunes identifiées dans la première partie. Finalement, elle donne des recommandations devant permettre d'améliorer nos connaissances et notre compréhension de la climatologie maritime, en termes de sécurité humaine, lors des activités d'exploration au large des côtes.

Cette étude ne porte que sur les éléments météorologiques. D'autres facteurs importants pour les activités de forage au large des côtes, comme les vagues, les glaces de mer et les paramètres océanographiques, feront l'objet de rapports distincts.

PART I

The following paragraphs describe the nature of hazards to human safety posed by the atmosphere, research to date involving those hazards, and deficiencies in present knowledge.

2. RELEVANCE OF CLIMATOLOGY TO DESIGN

Climatology is applied to the design of both structures and operating systems. By analysing archived sets of historical data, it is possible to identify and quantify the magnitudes and risks of environmentally-induced loads and operational constraints. In this report, the focus is on the occurrence of specific conditions hazardous to human safety. The parameters which have the potential to jeopardize human safety in connection with offshore drilling activities are listed below,

PARTIE I

Les paragraphes suivants décrivent la nature des dangers que pose l'atmosphère, en termes de sécurité humaine, les recherches entreprises jusqu'à ce jour à cet égard, et les lacunes dans nos connaissances actuelles.

2. PERTINENCE DE LA CLIMATOLOGIE POUR LA CONCEPTION

On applique la climatologie à la conception des structures et des systèmes opérationnels. L'analyse des ensembles archivés de données historiques permet d'identifier et de quantifier l'ampleur et les risques que présentent les charges et contraintes opérationnelles créées par l'environnement. Ce rapport met l'accent sur l'occurrence de conditions spécifiques dangereuses pour l'homme. Les paramètres présentant un risque pour l'homme lors des activités

along with a brief description of the nature of the hazard.

A brief description of the climatology of the marine areas off the east coast of Canada, highlighting the factors of critical importance to offshore drilling, support and emergency response activities, can be found in Appendix B.

2.1 Wind

Knowledge of the climatology of wind speed, direction, profile with height, and character (ie. gustiness) is very important to an assessment of hazards to safety. The wind may exert considerable force on a structure such as a drill rig, supply vessel or aircraft. Since the force exerted is proportional to the square of the wind speed, extreme winds are especially critical. The wind speed alone will probably not be sufficient to affect the survivability of either rigs or supply vessels, but may be critical to helicopter operations, rescue procedures and personal safety due to structural damage. High winds can also create dangerous working conditions for personnel on exposed decks.

In addition to its independent effects, the wind is also the major forcing factor in generating waves, which usually produce the predominant loads on offshore structures (U.S. Geological Survey, 1979), and currents. It is a major factor in windchill, spray icing and mechanical turbulence.

2.2 Icing

There are several possible causes for the accumulation of ice on rigs, supply vessels and aircraft.

2.2.1 Freezing Spray

Freezing spray occurs when cold sea water is whipped by the wind into a flying spray through the air onto a sub-freezing surface such as a metal deck or structural element, resulting in a layer of ice being formed on the surface. Spray may also result from breaking waves or the splashing of waves against an object in the water. In general, freezing spray is most common in ranges of air temperature -2°C to -20°C with wind speeds greater than 13 knots. Moderate to severe icing (6 cm/24 hr) can occur with sub-freezing temperatures and winds in

de forage au large des côtes sont données ci-dessous, avec une description succinte de la nature du danger.

A l'annexe B, vous trouverez une brève description climatologique des zones maritimes au large de la côte Est du Canada, avec les facteurs critiques liés aux opérations de forage au large des côtes et aux activités de soutien et de réponse en cas d'urgence.

2.1 Vent

Pour évaluer l'ampleur d'un risque couru par l'homme, il est essentiel de connaître la climatologie du vent, c.-à-d. sa vitesse, sa direction, son profil avec sa hauteur, et ses caractéristiques (c.-à-d. facteur de rafales). Le vent est capable d'exercer une force énorme sur les structures comme les plates-formes de forage, les ravitailleurs ou les aéronefs. Étant donné que la force exercée est proportionnelle au carré de la vitesse du vent, les vents extrêmes sont particulièrement dangereux. Seule la vitesse du vent ne suffira vraisemblablement pas à compromettre l'existence d'une plate-forme de forage ou d'un ravitailleur, mais elle peut infliger des dégâts structuraux et dès lors être critique pour les opérations en hélicoptère, les activités de sauvetage et le personnel. De grands vents peuvent également engendrer des conditions de travail dangereuses pour les personnes travaillant sur des ponts exposés.

En plus de ses effets indépendants, le vent est également la force principale de génération des courants et des vagues, qui produisent généralement les charges prédominantes imposées aux structures au large des côtes (United States Geological Survey, 1979). Il s'agit d'un facteur majeur de la froideur du vent, du givrage des embruns et de la turbulence mécanique.

2.2 Givrage

Plusieurs facteurs peuvent entraîner une accumulation de glace sur les plates-formes, les ravitailleurs et les aéronefs.

2.2.1 Embruns verglaçants

Les embruns verglaçants se forment lorsque l'eau froide de la mer est fouettée par le vent pour former un embrun qui est déporté par le vent sur une surface dont la température est inférieure au point de congélation, par exemple un pont métallique ou un élément structural; le contact de l'embrun avec ces surfaces entraîne la formation d'une couche de glace sur la surface de contact. L'embrun peut aussi être créé par des vagues déferlantes ou par des vagues se brisant contre un objet dans l'eau. En général, on assiste à la formation d'embruns

excess of 25 knots. Sea surface temperatures and wave heights also have minor effects on the rate of icing. The main effect of freezing spray is felt by supply vessels and lifeboats, since the spray is seldom carried higher than 20 metres above the sea surface. The ice accumulates on the superstructure causing the centre of gravity to rise, leading to a reduction in stability. Also, the ice coating gives rise to a larger "sail area" exposed to the wind, creating increased wind forces. The result, in the extreme, can be the capsizing of the vessel. The effects of spray icing on rigs would appear to be limited due to the high deck height (Minsk, 1980), but some icing may occur, creating hazardous, slippery working conditions. Ice accretion may also hamper deployment of lifeboats. Also, icing below the deck, on the supporting members and guylines, may have an effect on rig handling and attitude. Freezing spray may also be a hazard to low-flying aircraft, particularly during rescue operations.

verglaçants lorsque la température atmosphérique est de l'ordre de -2°C à -20°C et que la vitesse du vent est supérieure à 13 noeuds. Le givrage peut être de modéré à fort (6 cm/24 h.) lorsque la température est inférieure au point de congélation et que la vitesse du vent dépasse 25 noeuds. La température de la mer en surface et la hauteur des vagues ont également un effet mineur sur le taux du givrage. Les embruns verglaçants affectent surtout les ravitailleurs et les bateaux de sauvetage dont la hauteur dépasse rarement de plus de 20 m la surface de la mer. La glace s'accumule sur la superstructure, élevant le centre de gravité et diminuant dès lors la stabilité. De plus, le manteau de glace augmente la "voilure" exposée au vent, entraînant un accroissement de la force du vent. À l'extrême, les embruns verglaçants peuvent faire chavirer le navire. Le givrage par embruns peut sembler moindre sur les plates-formes, vu la hauteur élevée du pont (Minsk, 1980); toutefois, on peut assister à un certain givrage qui rend les conditions de travail dangereuses et glissantes. De plus, le givrage en-dessous du pont, sur les membres de soutien et les câbles de retenue, peut avoir une incidence sur les manoeuvres et la position de la plate-forme. Les embruns verglaçants peuvent également constituer un danger pour les aéronefs volant à basse altitude, particulièrement lors des opérations de sauvetage.

2.2.2 Freezing Precipitation

Freezing precipitation may take the form of freezing rain, freezing drizzle or wet snow. Freezing drizzle accumulates at very slow rates (1 mm/hr) and will not cause excessive loading; however, it can contribute to generally slippery conditions on rigs and supply ships, and may be serious for aircraft operations. Wet snow may cause uneven loading on rigs and vessels if it is driven by the wind, since it will adhere to the upwind side of structures. Slippery conditions may also result. Freezing rain is the most serious of this type of hazard, since the droplet sizes can be large and rainfall rates high. As a result, significant accumulations of ice (5-10 cm/day) can occur high on the superstructure of rigs and supply ships, resulting in serious instability, increased "sail area" for wind forces, iced-in lifeboats, and extremely slippery conditions. Freezing rain is also an extremely hazardous problem for all types of aircraft, adding considerable weight and reducing braking action and the efficiency of the airfoil, propellers, and rotor blades. Helicopters are particularly prone to icing.

2.2.2 Précipitations verglaçantes

Les précipitations verglaçantes peuvent se présenter sous forme de pluie verglaçante, de bruine verglaçante ou de neige mouillée. La bruine verglaçante s'accumule très lentement (1 mm/h.) et n'ajoutera pas une charge excessive à la structure; toutefois, elle crée généralement des conditions de travail glissantes sur les plates-formes et ravitailleurs et peut aussi se révéler dangereuse pour les opérations aériennes. Si elle est chassée par le vent, la neige mouillée peut entraîner un chargement déséquilibré des plates-formes et des navires, car elle se collera sur le côté au vent de la structure. La neige mouillée peut aussi créer des conditions glissantes. La pluie verglaçante est le type de précipitations qui présente le plus de risques parce que les gouttellettes peuvent être relativement grosses et l'intensité des précipitations élevée. En conséquence, on peut assister à une importante accumulation de glace (5 à 10 cm/jour) sur la superstructure des plates-formes et des ravitailleurs, entraînant une instabilité importante, augmentant la "voilure" offerte aux forces du vent et créant des conditions extrêmement glissantes. La pluie verglaçante présente également d'importants dangers pour tous les types d'aéronefs, étant donné qu'elle augmente considérablement leur masse et réduit l'action des freins et l'efficacité du profil aérodynamique, des propulseurs et des pales de rotor. Les hélicoptères sont particulièrement sujets au givrage.

2.2.3 Rime or Clear Ice

Rime ice is opaque ice which forms when discrete supercooled water droplets in cloud or fog strike a sub-freezing surface. Rime can be either hard rime or soft rime, depending on the rate of heat loss from the droplet. Rime usually grows into the wind, as individual water droplets impinge one on top of another after coating an accreting surface (Minsk, 1980).

Clear, or glace ice is formed from larger supercooled droplets which do not completely freeze on contact, but have time to spread across the surface while freezing. Ice thus formed is very hard and strongly bonded to the surface. Clear ice may form on all surfaces, not only on windward sides.

The type of ice formed varies with the wind speed, air temperature and liquid water content of the air, which is related to cloud type. Air temperatures between -3°C to -8°C with wind speeds of 5-10 metres/second favour the formation of hard rime. Low wind speeds (1-5 metres/second) and temperatures -5°C to -25°C usually result in soft rime. Clear ice usually tends to form with air temperatures close to freezing (0°C to -3°C) and wind speeds 1-20 metres/second, although glaze ice has been reported at temperatures as low as -20°C (Minsk, 1980).

The rates of accumulation of rime or clear ice are generally small and will not usually affect rigs or supply ships structurally, although slippery decks may result. Rime and clear ice are a more serious problem for aircraft, particularly helicopters, especially for extended journeys over open water in cloud or fog.

2.3 Air Temperature

Extreme temperatures, either warm or cold, can reduce the efficiency and accident avoidance capability in workers exposed to the elements, due to incipient hypothermia or heat stroke.

Heating, cooling and ventilating the working and living space is important, not only for the well-being of personnel, but also for the operation of electronic control facilities. Minimum, maximum and variability of air temperature and temperature gradient are important to the selection of materials for equipment used in drill rig operations, since many materials lose much of their strength in very cold or very warm conditions. Air temperature is also a contributing factor to windchill and spray icing.

2.2.3 Givre blanc ou verglas

Le givre blanc est une glace opaque qui se forme lorsque des gouttelettes d'eau discrètes et surfondues en suspension dans un nauge ou de brouillard rencontrent une surface dont la température est inférieure au point de congélation. Il peut se former du givre dur ou du givre mou, selon le taux de perte de chaleur des gouttelettes. Généralement, le givre s'accumule en direction du vent, au fur et à mesure de l'accumulation des gouttelettes individuelles les unes sur les autres, lorsqu'elles ont recouvert une surface givrée (Minsk, 1980).

La glace transparente, ou verglas, est formée de gouttelettes surfondues plus grosses et ne gelant pas complètement au contact d'une surface; ces gouttelettes ont le temps de se répartir sur la surface tout en se congelant. La glace formée ainsi est très dure et soudée à la surface. Le verglas peut se former sur toutes les surfaces, pas seulement sur les côtés au vent.

Le type de glace formé dépend de la vitesse du vent, de la température de l'air et de la teneur en eau liquide de l'atmosphère (liée au type de nuage). Des températures atmosphériques de l'ordre de -3°C à -8°, associées à des vitesses du vent de 5 à 10 m/s, sont propices à la formation du givre dur. Des températures de -5°C à -25°C, associées à des vents légers de 1 à 5 m/s, entraînent généralement la formation de givre mou. Le verglas se forme généralement sous des températures proches du point de congélation (0°C à -3°C) et lorsque la vitesse du vent varie de 1 à 20 m/s; pourtant, on a déjà signalé la formation de verglas à des températures atteignant -20°C (Minsk, 1980).

Généralement, le taux d'accumulation du givre ou du verglas est peu élevé et ces facteurs n'affecteront pas la structure des plates-formes ou des ravitailleurs, bien qu'ils puissent rendre les ponts glissants. Le givre et le verglas présentent de bien plus graves risques pour les aéronefs, en particulier les hélicoptères, surtout lors de longs vols au-dessus d'étendues d'eau, dans les nuages ou dans le brouillard.

2.3 Température de l'air

Les températures extrêmes, qu'elles soient chaudes ou froides, peuvent réduire l'efficacité des travailleurs exposés à ces conditions et diminuer leur capacité d'éviter les accidents, à cause d'une hypothermie naissante ou d'un coup de chaleur.

Il est important de chauffer, refroidir et ventiler adéquatement les lieux de travail et de séjour, non seulement pour le bien-être du personnel, mais également pour le bon fonctionnement des dispositifs électroniques de commande. Il est important de connaître le minimum, le maximum et la variabilité de la température de l'air et du gradient de température pour sélectionner les matériaux des dispositifs utilisés pour les opérations de forage, étant donné que beaucoup de matériaux perdent leur résistance lorsqu'ils sont soumis à des

2.4 Sea Surface Temperature

Sea temperatures less than about 10°C are critical for survival of personnel in the water, without adequate protection, due to hypothermia. The survival time of a man in water of 0°C is of the order of 15 minutes (U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, 1975). Minimum, maximum and variability of sea surface temperature and temperature gradient are important to the selection of materials for equipment used in drilling operations, since many materials lose much of their strength in very cold or very warm conditions. The variability of sea surface temperature is much less difficult to define than for air temperature, since for normal sea water the minimum value attainable is about -1.8°C, after which ice forms. Also, due to the immense heat capacity of the ocean, the range of temperatures observed is only about 30°C.

Sea surface temperature is a minor factor in sea spray icing.

2.5 Windchill

Extreme values of windchill and frequencies of windchill above certain thresholds are very important in northern locales. Windchill is a function of wind speed and air temperature, which combine to produce excessive heat loss from everything exposed to the elements. Hypothermia and frostbite may result from windchill in a very short time, impairing work efficiency and thus increasing accident likelihood. The heavy clothing necessary to withstand the cold also contributes to the possibility of accident. High windchill will also stress (unless designed for) the heating plants of rigs, vessels and aircraft. Windchill values of 1500 watts per square metre, typical in winter on the east coast, would result from a wind speed of 20 knots and an air temperature of -10°C. At this value exposed flesh would normally freeze within a few minutes. High values of windchill will also reduce the survival time of personnel in the water.

2.6 Visibility

Visibility may be reduced due to fog and/or precipitation, particularly snow. Other restrictions

conditions atmosphériques très froides ou très chaudes. La température de l'air est aussi un paramètre contribuant à la froideur du vent et au givrage des embruns.

2.4 Température de la mer en surface

Des températures marines inférieures à 10°C sont critiques pour la survie des personnes se trouvant dans l'eau sans protection adéquate, à cause du risque d'hypothermie. Le temps de survie d'un homme se trouvant dans des eaux à 0°C est de l'ordre de 15 minutes (U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, 1975). Le minimum, le maximum et la variabilité des températures de la mer en surface et du gradient de température sont importants pour sélectionner les matériaux des dispositifs utilisés pour les opérations de forage, étant donné que de nombreux matériaux perdent une grande partie de leur résistance lorsqu'ils sont soumis à des conditions très froides ou très chaudes. La variabilité de la température de la mer en surface est nettement moins difficile à définir que la température de l'air étant donné que la température minimale que les eaux de mer normales peuvent atteindre est d'environ -1,8°C, après la formation des glaces. De plus, vu l'immense capacité thermique de la mer, l'amplitude thermique observée n'est que de 30°C environ.

La température de la mer en surface joue un rôle mineur dans le givrage des embruns.

2.5 Froideur du vent

Dans le nord, les valeurs extrêmes de la froideur du vent et la fréquence des indices de froideur du vent dépassant un certain seuil sont des facteurs extrêmement importants. La froideur du vent est une fonction de la vitesse du vent et de la température de l'air qui se combinent et entraînent une perte excessive de chaleur de tout objet exposé à ces éléments. En très peu de temps, la froideur du vent peut entraîner une hypothermie ou des gelures, diminuant efficacité et augmentant dès lors les risques d'accident. Les lourds vêtements requis pour se protéger du froid contribuent aussi au risque d'accident. Un indice de froideur du vent élevé exercera également une contrainte sur les installations de chauffage des plates-formes, des navires et des aéronefs (sauf si leur conception permet d'y faire face). Un indice de froideur du vent de l'ordre de 1500 watts par mètre carré, valeur typique en hiver sur la côte Est, résulte d'un vent de 20 noeuds avec une température atmosphérique de —10°C. À cet indice, toute chair exposée gèle normalement en quelques minutes. Un indice élevé de froideur du vent réduit également le temps de survie de personnes dans l'eau.

2.6 Visibilité

La visibilité peut être réduite à cause de brouillard et/ou de précipitations, particulièrement

to visibility may occur but they are unlikely to cause visibility to be critically reduced, eg. haze, smoke. Reduced visibility has little or no effect on the rig but may be significant for supply vessels, which may collide with the rig, icebergs or with each other. The major hazard associated with low visibility occurs with aircraft, since specific operating limits are required for safe take-off and landing and during visual flight rules (VFR) travel enroute to avoid airborne collisions. Visibility can also be a critical factor in emergency response capability. Reduced visibility severely hampers both air and sea searches, and makes conditions unsafe for the searchers. Also, reduced visibility at supporting coastal stations can delay the implementation of airborne search procedures.

2.7 Clouds

Aircraft operations may be severely curtailed due to the presence of low cloud, since certain cloud ceiling limits must be maintained for safe take-off and landing and during VFR travel enroute to avoid airborne collisions. Cloud ceilings below accepted limits at supporting coastal locations can be a critical factor in emergency response capability, delaying the implementation of airborne search procedures. Low cloud ceilings frequently occur simultaneously with reduced visibilities.

2.8 Rainfall/Thunderstorms

Rainfall, in general, is not a serious problem, although slippery decks and low visibility may result. Also, discomfort or hypothermia may result from wet clothing. However, cloudbursts associated with thunderstorms may cause equipment to be swamped if the drainage design is inadequate. In addition, the lightning associated with thunderstorms can be dangerous, since the structure towers above the water surface. Both heavy rainfall rates and lightning can cause disruption of radio transmissions. Lightning poses a serious hazard to aircraft operations, and may create problems at a drill rig if gas is being burned off at the time. Lightning would also be a serious hazard to personnel in the water.

2.9 Atmospheric Turbulence

Low-level atmospheric turbulence is related to the wind field and the air-sea temperature

des chutes de neige. D'autres facteurs peuvent réduire la visibilité, mais non de façon critique, par exemple la brume ou la fumée. Une visibilité réduite n'a que peu ou pas d'effet sur une plate-forme mais peut être extrêmement dangereuse pour un ravitailleur, qui risque d'entrer en collision avec les plates-formes, les icebergs ou encore avec un autre ravitailleur. Une faible visibilité constitue surtout un danger pour les aéronefs, étant donné qu'il faut observer des limites spécifiques pour décoller et atterrir en toute sécurité, et respecter les règles de vol à vue (VFR) en route afin d'éviter les collisions en vol. La visibilité peut également constituer un facteur critique pour la capacité de réponse en cas d'urgence. Une visibilité réduite entrave fortement les recherches marines et aériennes et présente des risques pour les chercheurs. De plus, une visibilité réduite aux stations côtières de soutien peut retarder le lancement des opérations de recherches aériennes.

2.7 Nuages

Les opérations aériennes peuvent être fortement réduites à cause de la présence de nuages bas, étant donné que le plafond des nuages doit être à une certaine altitude pour permettre le décollage et l'atterrissage sans danger, et le vol de croisière selon les VFR afin d'éviter une collision aérienne. Aux stations côtières de soutien, un plafond nuageux inférieur aux limites acceptées peut être un paramètre critique pour la capacité de réponse en cas d'urgence, retardant les recherches aériennes. Fréquemment, un plafond bas de nuages se produit simultanément avec une réduction de la visibilité.

2.8 Pluies/orages

Généralement, les pluies ne présentent pas de grands risques bien qu'elles peuvent rendre les ponts glissants et réduire la visibilité. Les vêtements humides peuvent aussi provoquer un malaise ou une hypothermie. Toutefois, les averses torrentielles associées aux orages peuvent entraîner une inondation de l'équipement si le drainage est mal conçu. En outre, les éclairs associés aux orages peuvent être dangereux, puisque la structure domine la surface de l'eau. Des pluies abondantes et des éclairs peuvent entraîner une interruption des transmissions radio. Les éclairs sont très dangereux pour les opérations aériennes et pour les plates-formes de forage, si au moment de l'éclair on brûle du gaz. Les éclairs peuvent également être très dangereux pour les personnes se trouvant dans l'eau.

2.9 Turbulence atmosphérique

La turbulence atmosphérique à basse altitude est liée au champ du vent et à la différence des

difference. The frequent fall and winter occurrence of cold air passing over relatively warm water will give rise to atmospheric instability due to convection. Also, strong gusty winds, often with marked directional shifts on a time scale of seconds, frequently occur over the ocean, particularly associated with frontal zones or thunderstorms. These factors can create considerable mechanical turbulence, with rapidly alternating updrafts and downdrafts and highly variable wind loads. This has little or no effect on rig or vessel safety but is important for aircraft operations including take-off and landing and airborne rescue.

2.10 Relative Humidity

Humidity has relatively little effect on drilling or support operations. There may be some discomfort and resulting hazard with high humidities accompanying warm temperatures. Also, some sensitive electronic equipment may be affected by constant high humidity. High humidities are accompanied by high concentrations of airborne salt, since salt particles provide the major source of condensation nuclei in the marine atmosphere. Due to the ready moisture source, humidity is frequently very high at sea.

High humidity is a major contributing factor to fog formation.

2.11 Atmospheric Pressure

Atmospheric pressure has no impact on the safety of drilling or support activities. However, pressure is still an important part of the marine observation for basic climatological pressure analysis, and in real-time for aircraft altimeter settings and forecast support.

2.12 Combined Effects

The joint occurrence of combinations of various meteorological and oceanographic phenomena may create hazardous conditions where their independent occurrence would not. For example, combinations of icing and high winds may create hazardous conditions for rigs and supply vessels, and will certainly make search and rescue activities difficult and dangerous. High winds, with associated turbulence, occurring simultaneously with low visibilities and/or icing conditions will result in increased hazards for helicopters. Very cold air temperatures and strong winds may greatly reduce the expected survival time of persons in the

températures air-mer. En automne et en hiver, le passage fréquent d'air froid au-dessus d'eaux relativement chaudes augmente l'instabilité atmosphérique, vu le phénomène de convection. De plus, les vents violents soufflant en rafales, sujets à d'importants changements de direction en une seconde, sont fréquents au-dessus de l'océan, particulièrement lors du passage d'un front ou d'un orage. Ces facteurs peuvent créer une forte turbulence mécanique, avec une alternance rapide des courants ascendants et descendants et des charges dues au vent extrêmement variables. Ce facteur affecte peu ou nullement la sécurité des plates-formes ou des navires mais est important pour les opérations aériennes, durant le décollage, l'atterrissage et le sauvetage aérien.

2.10 Humidité relative

L'humidité a relativement peu d'effet sur les opérations de forage ou de soutien. Une forte humidité alliée à des températures élevées peut indisposer quelque peu le personnel et donc présenter un certain risque. De plus, certains dispositifs électroniques sensibles peuvent être affectés par une constante forte humidité. Une forte humidité est associée à une concentration élevée de sel en suspension dans l'air, étant donné que les particules de sel constituent la principale source de noyaux de condensation dans l'atmosphère marine. Vu la présence d'une source toute disponible d'humidité, cette dernière est souvent très forte en mer.

Une forte humidité est un des principaux paramètres contribuant à la formation de brouillard.

2.11 Pression atmosphérique

La pression atmosphérique n'affecte pas les opérations de forage ou de soutien. Toutefois, il s'agit d'une composante importante de l'observation maritime pour l'analyse fondamentale de la pression, sur le plan climatologique, et le calage en temps réel de l'altimètre d'un aéronef, ainsi que pour le soutien des prévisions.

2.12 Effets combinés

L'occurrence combinée de divers phénomènes météorologiques et océanographiques peut présenter certains risques, alors que leur occurence isolée ne serait pas dangereuse. Par exemple, des conditions propices au givrage associées à de grands vents peuvent présenter des risques pour les plates-formes et les ravitailleurs, et rendront certainement les activités de recherche et de sauvetage difficiles et dangereuses. De grands vents, avec les turbulences associées, en temps de visibilité réduite ou lors de conditions propices au givrage, augmenteront les risques pour les hélicoptères. Des températures atmosphériques

water based on sea temperatures alone, as will high waves.

Waves, other oceanographic parameters and sea ice are being dealt with in separate reports. It is important to note, however, that although the reports are separate, combinations of meteorological and oceanographic factors may occur, such as high winds, high waves, strong currents and sea ice or icebergs, which may result in far greater risks than the occurrence of one factor alone.

3. AGENCIES INVOLVED IN MARINE CLIMATOLOGY

Based on a survey of government, industry and university sources, it was determined that several agencies are concerned with the climatology of the marine atmosphere, as defined in section 1. However, their roles and approach to the subject vary considerably. For the purpose of this report the groups have been sub-divided into three categories. A brief synopsis of the work of each group is presented in the following paragraphs.

3.1 Government — Atmospheric Environment Service (AES)

The AES is a part of the federal Department of Environment. Within the AES, work on the East Coast marine areas is concentrated mainly in two areas, the Canadian Climate Centre in Toronto and the Atlantic Regional Headquarters in Bedford, N.S. Quebec Regional Headquarters in Montreal has responsibility for the Gulf of St. Lawrence. Virtually all of the work undertaken by government in Canada relating to marine climatology is done by the AES.

The AES is involved in a wide range of climate-related activities including data collection, quality control and archiving, and development of instrumentation to measure atmospheric parameters. The information collected consists of surface data from land stations, ships and rigs, upper air, radar and satellite data. Data are also synthesized through the use of various modelling techniques. AES is also involved in the production of climate summaries and climatologies, and in a consulting role as a provider of climate information, advice and expertise to a wide range of clients, from other federal and provincial government departments, to the oil industry and its consultants. Support is provided to regulatory agencies in the development of climate related planning and operational guidelines and procedures as well as to

extrêmement froides et des vents violents, de même que des hautes vagues, peuvent nettement réduire le temps de survie des personnes dans l'eau, si on tient compte uniquement des températures marines.

Les vagues, d'autres paramètres océanographiques et les glaces de mer sont étudiés dans des rapports distincts. Il est important toutefois de signaler, que bien que les rapports soient distincts, on peut assister à une combinaison de paramètres météorologiques et océanographiques, tels que de grands vents, de hautes vagues, de forts courants et des glaces de mer ou icebergs, combinaison pouvant être nettement plus dangereuse qu'un facteur isolé.

3. ORGANISMES PARTICIPANT À L'ÉTUDE DE LA CLIMATOLOGIE MARITIME

Un sondage réalisé au gouvernement, dans l'industrie et dans les universités, a révélé que plusieurs organismes s'intéressent à la climatologie de l'atmosphère marine, telle que définie dans la section 1. toutefois, le rôle de ces organismes de même que leur approche en la matière varient considérablement. Dans ce rapport, nous avons réparti les organismes en trois catégories. Les paragraphes qui suivent vous donnent un bref aperçu du travail de chacun d'eux.

3.1 Gouvernement — Service de l'environnement atmosphérique (SEA)

Le SEA fait partie du ministère fédéral de l'Environnement. Au SEA, l'étude des zones maritimes de la côte Est se fait principalement au Centre climatologique canadien à Toronto et à l'Administration centrale de la Région de l'Atlantique à Bedford (N.-É.). L'Administration centrale de la Région du Québec à Montréal est responsable des travaux portant sur le Golfe du Saint-Laurent. Pratiquement tous les travaux entrepris par le gouvernement canadien en matière de climatologie maritime sont réalisés par le SEA.

Le SEA participe à un large éventail d'activités liées au climat, notamment à la saisie des données, au contrôle de la qualité et à l'archivage, et à la mise au point d'instruments pour mesurer les paramètres atmosphériques. Les informations recueillies sont des données en surface provenant de stations terrestres, de navires et de plates-formes, et des données aérologiques de radar et de satellite. Les données sont ensuite synthétisées grâce à diverses techniques de modélisation. Le SEA participe à la production de résumes sur le climat et d'études climatologiques; il a aussi un rôle de conseiller en fournissant des données climatologiques et des conseils spécialisés à de nombreux clients, à d'autres ministères des gouvernements fédéral et provinciaux, ou à l'industrie pétrolière et à ses experts-conseils. Le SEA aide les organismes

the Environmental Assessment and Review Process (EARP) in the set-up of guidelines and review of contingency plans and environmental impact statements. Work in the area of applied research and development related to climate has accelerated in the past two years, due to the provision of additional resources from the Panel on Energy Research and Development (PERD) and Arctic Marine Transport Research and Development funds. Studies initiated as a result include the evaluation of various data sets for a wide range of parameters for use in climatological analysis, wind variability and gust factors over the ocean, evaluation of remote sensing techniques as a tool for climatological analysis, and the development of systems to analyse climatological information in a form suitable for decision-making in the design process.

3.2 Industry

Industry, in the context of this report, is defined as the oil industry and the private consultant community. Most of the work undertaken by meteorological consultants is funded either by the oil industry or by government.

For the most part, industry activities in marine climatology parallel those of government. Environmental observations are made from drill rigs and supporting vessels for a wide range of atmospheric and oceanographic parameters. From the rig data sets, summaries are produced for each site. These studies are a legal requirement imposed by government regulatory agencies as part of the lease agreement. General climatologies are produced from the complete data set, plus data from external sources such as transient ship data and hindcasts, for inclusion in Environmental Impact Statements and Contingency Plans required by government prior to the approval of drilling activities.

Industry is working to produce better environmental monitoring systems. Studies of individual parameters of importance to drilling operations are also undertaken. These include wind hindcast studies (Martec, 1982; Oceanweather, 1982) and a recent study on spray icing on rigs (NORDCO, 1981). A study is also proposed to evaluate gust factors at sea.

However, the main thrust of work done by industry to date, has concentrated on parameters

régulateurs à mettre au points des politiques et procédures opérationnelles et de planification en matière climatologique; il aide aussi la Revue prospective d'environnement (REPE) à établir certaines directives et à revoir certains plans d'urgence et définitions des répercussions sur l'environnement. Ces deux dernières années, les travaux de mise au point et de recherche appliquée en matière climatologique ont beaucoup progressé, grâce à des ressources supplémentaires reçues de la Bureau de recherche de l'Energie et du développement (BRED) et grâce aux subventions en R&D pour le transport maritime dans l'Arctique. Les études entreprises conséquemment comprennent l'évaluation de divers ensembles de données pour de nombreux paramètres servant à l'analyse climatologique, à savoir la variabilité du vent et les facteurs de rafale au-dessus de l'océan, les techniques de télédétection comme outils d'analyse climatologique, et la mise au point de systèmes d'analyse des informations climatologiques, adaptés à la prise de décision en matière de conception.

3.2 Industrie

Dans le cadre de ce rapport, l'industrie est définie comme étant l'industrie pétrolière et les experts-conseils privés. La majeure partie des travaux entreprise par les experts-conseils en météorologie sont subventionnés par l'industrie pétrolière ou par le gouvernement.

En majeure partie, les activités industrielles de climatologie maritime sont comparables à celles du gouvernement. L'observation de nombreux paramètres atmosphériques et océanographiques se fait à partir de plates-formes de forage et de navires de soutien. À partir des ensembles de données de plates-formes, on établit des résumés climatologiques pour chaque lieu. Ces études sont imposées par les organismes régulateurs du gouvernement, dans le contrat de bail. Des études climatologiques générales sont produites à partir de l'ensemble complet de données en annexant les données provenant de sources externes, comme les données rétrospectives ou de navires de passage; elles sont incluses à la définition de l'incidence environnementale et aux plans d'urgence que le gouvernement exige avant d'approuver les activités de forage.

L'industrie travaille à la mise au point de meilleurs systèmes de surveillance environnementale. Elle entreprend également des études sur les paramètres individuels importants pour les opérations de forage. Il s'agit notamment d'études sur les prévisions a postériori du vent (Martec 1982; Ocean-weather 1982) et d'une récente étude du givrage des embruns sur les plates-formes (NORDCO, 1981). On propose également une étude pour évaluer les facteurs de rafale en mer.

Toutefois, jusqu'à ce jour, l'industrie a surtout étudié des paramètres n'entrant pas dans le cadre

outside the scope of this report, such as wave hindcasting, sea ice, icebergs and ice forces, and social and biological studies. Also, in contrast to government studies, a large number of the industry studies are site-specific. Industry research is often proprietary for years after its completion.

3.3 Other Agencies

While the AES and the oil industry are responsible for most of the activity in marine climatology in Canada, there are other agencies that contribute in various ways.

The Bedford Institute of Oceanography, of the federal Department of Fisheries and Oceans, in connection with its oceanographic research, has studied wind profiles, wind stress on the ocean, the wind averaging problem, and the suspected "fair-weather bias" of ship reports (Dobson, 1981; Smith, 1981). The Bedford Institute is also active in sea surface temperature research. This activity will be discussed in further detail in the report on oceanography.

The Marine Environmental Data Service, of the Department of Fisheries and Oceans has participated, with AES, in wind hindcast studies for input to wave models. It also serves as an archival centre for all oceanographic data, and some related meteorological data.

The Canada Oil and Gas Lands Administration (COGLA), of the federal Department of Energy, Mines and Resources, and the Department of Indian and Northern Affairs, is the main government regulatory agency. COGLA serves as a repository for all studies done by, and for, industry. COGLA also produces climatologies for specific purposes, such as illustrating the problems of winter drilling on the east coast.

In general, only a few Canadian universities have been active in the area of marine climatology. This is likely due to the research mission of universities compared to the applied nature of climatological studies. Memorial University of Newfoundland, through the Centre for Cold Oceans Resources Engineering, has done considerable environmental research, with the main focus on sea ice. It has an excellent information centre on the marine environment, however.

Contributions to the east coast marine climatology have resulted from activities of the U.S. Army Corps of Engineers and the U.S. Navy Fleet Numerical Oceanography Center. The Army, in its efforts to produce wave information for the U.S. east coast, has created a hindcast wind data set which

de ce rapport, comme la prévision à posteriori des vagues, les glaces de mer, les icebergs et les forces des glaces, ou encore elle a effectué des études sociales et biologiques. De plus, contrairement aux études gouvernementales, de nombreuses études industrielles sont spécifiques à un lieu. Les résultats des recherches industrielles restent souvent la propriété de l'industrie de nombreuses années après la fin de l'étude.

3.3 Autres organismes

Tandis que le SEA et l'industrie pétrolière sont responsables de la majeure partie des activités en climatologie maritime au Canada, il existe d'autres organismes qui participent à ces études de diverses manières.

L'Institut océanographique de Bedford (ministère fédéral des Pêches et Océans), dans le cadre de sa recherche océanographique, a étudié le profil du vent, la tension du vent sur l'océan, le problème lié au vent moyen et le "biais beau-temps" des messages de navires (Dobson, 1981; Smith, 1981). L'Institut de Bedford participe également activement aux recherches sur la température en surface de la mer. Cette activité sera discutée plus en détail dans le rapport sur l'océanographie.

Le Service des données sur le milieu marin (Pêches et Océans), a participé avec le SEA à des études de prévision a posteriori du vent pour les modèles des vagues. Ce service est aussi un centre d'archivage de toutes les données océanographiques et de certaines données météorologiques connexes.

L'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) (Énergie, mines et ressources), et le ministère des Affaires indiennes et du Nord, sont les principaux organismes régulateurs du gouvernement. L'APGTC conserve un répertoire de toutes les études entreprises par l'industrie et pour celle-ci. Elle produit également des études climatologiques pour fins spécifiques, par exemple illustrant les problèmes du forage en hiver sur la côte Est.

En général, seules quelques universités canadiennes ont participé activement à la recherche en climatologie maritime, vraisemblablement à cause de la mission de recherche des universités face à la nature appliquée des études climatologiques. La Memorial University of Newfoundland, grâce à son Centre d'études des ressources dans les océans froids, a réalisé d'importantes recherches environnementales, principalement sur les glaces de mer. Cette université a un excellent centre d'information sur le milieu marin.

Le U.S. Army Corps of Engineers et le U.S. Navy Fleet Numerical Oceanography Center ont participé aux études de la climatologie maritime sur la côte Est. L'armée, afin d'établir des informations sur les vagues de la côte Est des É.-U., a créé un ensemble de données rétrospectives sur le vent,

includes Canadian waters. The U.S. Navy produces climate data for all international waters for its operations. A wind hindcast data set which includes Canadian waters is one result, as well as the atlas by Meserve (1974), which contains information for most marine climate parameters, and is an accepted international standard.

The purpose of this section was not to comprehensively document all studies done in applied climate research on the east coast, but to identify the scope of work being carried out by various agencies.

4. BIBLIOGRAPHIC REVIEW

An extensive literature compilation of offshore energy development topics was undertaken (Mortsch and Kalnins, 1984). It contains references on the climatological parameters discussed in Section 2, as well as topics such as cyclones and anticyclones, east coast climatology, waves and oil spill modelling. Where the bibliography has revealed a notable research effort, the subject areas will be highlighted in the following paragraphs. This section is an attempt to describe the present focus in research so that gaps in our knowledge may be identified.

4.1 Waves and Sea Ice

Although sea ice, icebergs and waves are not atmospheric parameters, and thus are outside the scope of this report, they are discussed here in order to put the total research picture in perspective.

Waves are the most widely researched topic overall. Many of the studies concentrate on numerical wave prediction or modelling. In association with that subject, there are many investigations into defining wave growth and the decay of swell. Also, extreme wind/wave prediction and statistics have been studied extensively for application to operational and structural design. Wave climatology is also important.

Sea ice and iceberg topics have been the focus of considerable investigation. Of primary interest are subjects such as the physical properties of ice, its classification, the thickness and movement of ice flows, iceberg scour and also ice force measurement for structural design.

incluant les eaux canadiennes. La marine américaine produit des données climatologiques pour toutes les eaux internationales dans le cadre de ses opérations. Un ensemble de données rétrospectives sur le vent, incluant les eaux canadiennes, a été établi de même qu'un atlas (Meserve, 1974) qui comprend des données pour la plupart des paramètres climatologiques marins; il s'agit d'une norme acceptée internationalement.

L'objet de cette section n'était pas de documenter avec précision toutes les recherches en climatologie appliquée sur la côte Est mais d'identifier l'objet des travaux réalisés par les divers organismes.

4. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

On a entrepris une étude bibliographique approfondie des sujets connexes à la mise en valeur de l'énergie au large des côtes (Mortsch et Kalnins, 1984). Cette bibliographie contient des références sur les paramètres climatologiques discutés à la section 2, de même que sur des sujets comme les cyclones et les anticyclones, la climatologie de la côte Est, la modélisation des vagues et des nappes de pétrole. Les secteurs où l'étude bibliographique a révélé des recherches notables sont mis en évidence dans les paragraphes qui suivent. Cette section vise à décrire l'orientation actuelle des recherches afin d'identifier les lacunes dans nos connaissances.

4.1 Vagues et glaces de mer

Bien que les glaces de mer, les icebergs et les vagues ne soient pas des paramètres atmosphériques, et ne rentrent donc pas dans le cadre de ce rapport, nous les mentionnons ici afin d'avoir un aperçu global sur toutes les recherches.

La recherche sur les vagues est le secteur le plus répandu dans l'ensemble. Beaucoup d'études portent sur la prévision numérique des vagues ou sur la modélisation. À cet effet, beaucoup d'études sont réalisées pour définir la croissance des vagues et le déclin de la houle. En outre, la prévision des vents et des vagues extrêmes, ainsi que des statistiques, ont été étudiées de manière approfondie en termes d'application à la conception opérationnelle et structurale. La climatologie des vagues est également un secteur faisant l'objet de nombreuses recherches.

Les glaces de mer, et les icebergs font l'objet de nombreuses études. Les propriétés physiques des glaces, leur classification, l'épaisseur et le mouvement des glaces, la force érosive des icebergs et la mesure de la force des glaces pour la conception structurale sont les points les plus étudiés.

4.2 Wind

Wind is the most prominent area of study among the atmospheric parameters. Winds are an integral factor in the structural design of drill rigs and ocean vessels. As a result, many studies are directed toward wind loading and statistical analysis of extremes. Another major concern is obtaining a correct representation or characterization of the wind at a specific point over the ocean. Consequently, researchers have addressed specific problems of wind field measurement, which include methods of defining an appropriate averaging period, and development of formulae and coefficients to reduce wind speed to a standard reference height. However, the greatest effort is directed toward understanding and quantifying the physics of wind stress on the ocean as part of the study of wind-wave interaction. In conjunction with the study of wind and waves, wind hindcasts are developed to predict directional wave spectra. Wind hindcast data are often used to develop climatologies of wind direction, speed and duration.

4.3 Ice Accretion

Ice accretion is another prominent area of study among the atmospheric parameters. By far the most frequent publications on ice accretion deal with ship icing. The topics range from documentation of meteorological conditions during actual ship icing occurrences and determination of methods to relate the physical factors contributing to icing to derivation of icing rates and loading for design purposes. Also fundamentally important are studies to define the physics of ice accretion, for example, on cylinders and wires. Results from these investigations are applied to research on real time forecasting and climatological analyses of ship icing. Other studies relate to icing on aircraft.

4.4 Cyclones and Anticyclones

Another relevant field of enquiry is cyclones and anticyclones. Many articles have dealt with general descriptions or overviews of a particular storm or season. However, more research has begun to focus on frequency analysis and climatologies of cyclones and anticyclones and storm tracks. Hurricanes also receive considerable attention, although hurricanes and tropical storms on the east coast are generally less frequent and no more hazardous than intense winter storms. The studies are basically concerned with extreme

4.2 Vent

De tous les paramètres atmosphériques, le vent est celui le plus étudié. Le vent est un facteur intégré à la conception structurale des plates-formes de forage et des navires océaniques. Par conséquent, beaucoup d'études portent sur la charge due au vent et sur l'analyse statistique des extrêmes. Une autre préoccupation majeure est l'obtention d'une représentation correcte ou d'une caractérisation du vent pour un point spécifique au-dessus de l'océan. Par conséquent, les chercheurs se sont penchés sur les problèmes spécifiques de la mesure du champ de vent, et entre autres sur les méthodes pour définir une période moyenne appropriée; ils ont également travaillé à la mise au point de formules et de coefficients pour ramener la vitesse du vent à une hauteur standard de référence. Toutefois, les efforts s'orientent surtout vers la compréhension et la quantification de la physique de la tension du vent sur l'océan, dans le cadre d'une étude de l'interaction vent/vague. En conjonction avec l'étude du vent et des vagues, des prévisions à posteriori du vent sont mises au point pour prévoir le spectre directionnel des vagues. Les données rétrospectives du vent sont fréquemment utilisées dans la mise au point des climatologies de la durée, de la vitesse et de la direction du vent.

4.3 Givrage

Parmi les paramètres atmosphériques, le givrage est un autre secteur faisant l'objet de nombreuses études. En très grande majorité, les publications sur le givrage traitent du givrage des navires. La gamme des sujets varie d'une documentation sur les conditions météorologiques lors du givrage effectif des navires et de la détermination de méthodes pour mettre en corrélation les facteurs physiques propices au givrage, jusqu'au calcul du degré de givrage aux fins de conception. Les études pour définir la physique du givrage, par exemple, sur les cylindres et sur les câbles, sont également d'importance fondamentale. Les résultats de ces études sont appliqués à la recherche pour les prévisions en temps réel et aux analyses climatologiques du givrage des navires. D'autres études portent sur le givrage des aéronefs.

4.4 Cyclones et anticyclones

Les cyclones et anticyclones constituent un autre secteur de recherche connexe. De nombreux articles donnent une description générale ou un aperçu d'une tempête ou d'une saison particulière. Toutefois, la recherche s'oriente de plus en plus vers l'analyse de la fréquence et de la climatologie des cyclones et anticyclones et vers celle des trajectoires de tempête. Les ouragans font également l'objet d'une attention toute particulière, bien que les ouragans et les tempêtes tropicaux sur la côte Est soient généralement moins fréquents et

wave/wind conditions generated by the storm or the effects of hurricane passage on sea surface temperature.

4.5 Sea Surface Temperature

The majority of sea surface temperature research has an oceanographic bias, since many investigations have documented how sea surface temperature affects water density, salinity and circulation. However, a number of researchers have examined sea surface temperature anomalies and described and evaluated methods of deriving sea surface measurements from orbiting satellite systems.

4.6 Other Studies

Climatological parameters such as atmospheric pressure, air temperature and precipitation, as well as description of east coast climatology have received minor treatment in the scientific literature. However, a brief description of the research trends to date are presented. There appears to be a definite paucity of general climatologies of the East coast as a whole, or for specific drilling areas such as the Grand Banks, Labrador sea or Scotian shelf. The majority of the overview works concentrate on oceanographic, geophysical or baseline studies. Atmospheric pressure studies are mainly devoted to defining methodologies for pressure field analysis to derive wind speed and direction data sets for generation of wave hindcasts. The few precipitation reports surveyed have been concerned with precipitation forecasting.

A review of the bibliography compiled to date indicates that, although there has been significant research on topics pertinent to offshore energy development, it has focused on selected climatological parameters and particular subject areas. The section following will discuss the gaps in knowledge.

5. GAPS

In section 2 the parameters of interest to human safety in offshore drilling activities were described. An evaluation and assessment of the status of current literature regarding these topics was presented in section 4. It is readily apparent that certain marine atmospheric parameters have not been adequately addressed. The following

pas plus dangereux que les tempêtes hivernales sévères. Les études portent fondamentalement sur les conditions extrêmes vague/vent créées par la tempête ou sur les répercussions du passage d'un ouragan sur la température de la mer en surface.

4.5 Température de la mer en surface

La plupart des recherches sur la température de la mer en surface ont un biais océanographique, étant donné que beaucoup de recherches ont permis d'expliquer comment la température affecte la densité de l'eau, sa salinité et sa circulation. Toutefois, plusieurs chercheurs ont étudié les anomalies de la température de la mer en surface et décrit ainsi qu'évalué les méthodes de calcul de la température de la mer en surface à partir des données satellitaires.

4.6 Autres études

Dans les ouvrages scientifiques, les paramètres climatologiques tels que la pression atmosphérique, la température de l'air et les précipitations, de même que les descriptions de la climatologie de la côte Est, ne sont que peu discutés. Toutefois, une description succinte de l'évolution des recherches jusqu'à ce jour y est présentée. Il semble y avoir une insuffisante nette de climatologies générales pour la côte Est ou pour des secteurs de forage spécifiques tels que les Grands Bancs, la mer du Labrador ou la plate-forme continentale de Scotian. La plupart des travaux généraux portent sur les études océanographiques, géophysiques ou de référence. Les études de la pression atmosphérique visent principalement à définir des méthodes d'analyse du champ de pression afin d'établir des ensembles de données sur la direction et la vitesse du vent permettant de créer des données rétrospectives sur les vagues. Les quelques rapports de précipitations étudiés portent sur la prévision des précipitations.

L'étude des ouvrages rassemblés jusqu'à ce jour révèle le fait que, bien qu'il y ait eu d'importantes recherches sur des sujets connexes à la mise en valeur des sources d'énergie au large des côtes, ces recherches ont surtout porté sur des paramètres climatologiques sélectionnés et sur des secteurs particuliers. La section qui suit met en évidence les lacunes dans nos connaissances.

5. LACUNES

À la section 2, nous avons décrit les paramètres influant sur la sécurité humaine lors des activités de forage au large des côtes. Dans la section 4, nous avons présenté une évaluation et une étude des ouvrages portant sur ces sujets. On se rend aisément compte que certains paramètres du milieu atmosphérique marin n'ont pas été

paragraphs describe gaps in present knowledge with respect to those topics. Only the atmospheric parameters identified in section 2 will be considered here.

5.1 Baseline Data

There is a general lack of baseline data, both temporally and spatially, which is one of the most serious deficiencies affecting our knowledge of the marine environment. The main source of data in marine areas comes from ships-of-opportunity, which is not suitable for extreme value analysis. Also, the bulk of these ship observations fall in the shipping lanes, leaving other areas with a definite paucity of data. Data is also restricted in winter on the Labrador coast, in the western David Strait and Baffin Bay regions and in the Gulf of St. Lawrence due to ice cover. Figure 1 shows the areal coverage of ship data available in the Canadian marine archive. A true understanding of the climatology of the east coast cannot be obtained until these data gaps are filled.

5.2 Storms

Considerable work has been done on the frequency and tracks of travelling low pressure systems, but little work has been done on severe smaller-scale storms which are known to occur off the east coast of Canada, and which can escape detection by the regular observing networks and sparse ship observations. These small storms may be as severe as the larger travelling low pressure systems and are potentially more hazardous since they may occur without warning.

5.3 Wind Fields

Wind is a parameter of particularly critical importance to offshore drilling operations, not only because of the loading it places on structures, but because it is the most critical parameter for wave generation and currents. As a result, a considerable amount of effort has been expended in specification of historical wind fields. However, the bulk of this work has been oriented towards the wave generation problem and not toward the stresses of the wind itself on structures. For example, very little work has been done on describing the vertical profile of wind in the marine atmosphere, particularly to the heights of anemometers on rigs, which can be up to 100 metres above the sea surface. In addition, little work has been done to the determination of gust factors over the ocean and their variation with height and wind speed.

étudiés de façon adéquate. Les paragraphes suivants décrivent les lacunes dans nos connaissances en la matière. Nous n'aborderons que les paramètres atmosphériques identifiés à la section 2.

5.1 Données de référence

Il y a un manque général de données de référence, tant temporelles que spatiales, et il s'agit là d'une des plus grosses lacunes dans nos connaissances du milieu marin. Les données dans les régions maritimes proviennent principalement de navires de passage, et ne s'adaptent donc pas à l'analyse de la valeur extrême. De plus, la plupart de ces données d'observation ne portent que sur les routes de navigation, laissant d'autres secteurs avec une réelle insuffisance de données. Les données sont de plus restreintes en hiver sur la côte du Labrador à l'ouest des régions du Détroit de Davis et de la Baie de Baffin et dans le Golfe du Saint-Laurent, à cause de la couverture de glace. La figure 1 représente la couverture spatiale des données de navires disponibles dans les archives marines canadiennes. Il sera impossible de vraiment comprendre la climatologie de la côte Est tant que ces ensembles de données seront incomplets.

5.2 Tempêtes

De nombreuses études ont porté sur la fréquence et la trajectoire des dépressions mobiles, mais peu ont porté sur les fortes tempêtes à plus petite échelle qui sévissent sur la côte Est du Canada et peuvent échapper à la détection par les réseaux réguliers d'observation et par les observations éparses de navires. Ces petites tempêtes peuvent être aussi violentes que les systèmes de basse pression plus importants et présentent un risque plus grand vu leur caractère imprévu.

5.3 Champs du vent

Le vent est un paramètre particulièrement critique pour les opérations de forage au large des côtes, non seulement vu la charge qu'il impose aux structures, mais parce qu'il s'agit du paramètre majeur dans le processus de formation des vagues et des courants. Par conséquent, de nombreuses études ont porté sur la spécification des champs du vent historiques. Toutefois, le gros de ces travaux a porté sur le problème de la formation de vagues et non pas sur les tensions que le vent lui-même impose aux structures. Par exemple, peu d'études ont porté sur la description du profil vertical du vent dans l'atmosphère marine, particulièrement à la hauteur à laquelle sont placés les anémomètres sur les plates-formes (parfois jusqu'à 100 m au-dessus du niveau de la mer). En outre, peu de travaux ont porté sur la caractérisation des facteurs de rafale

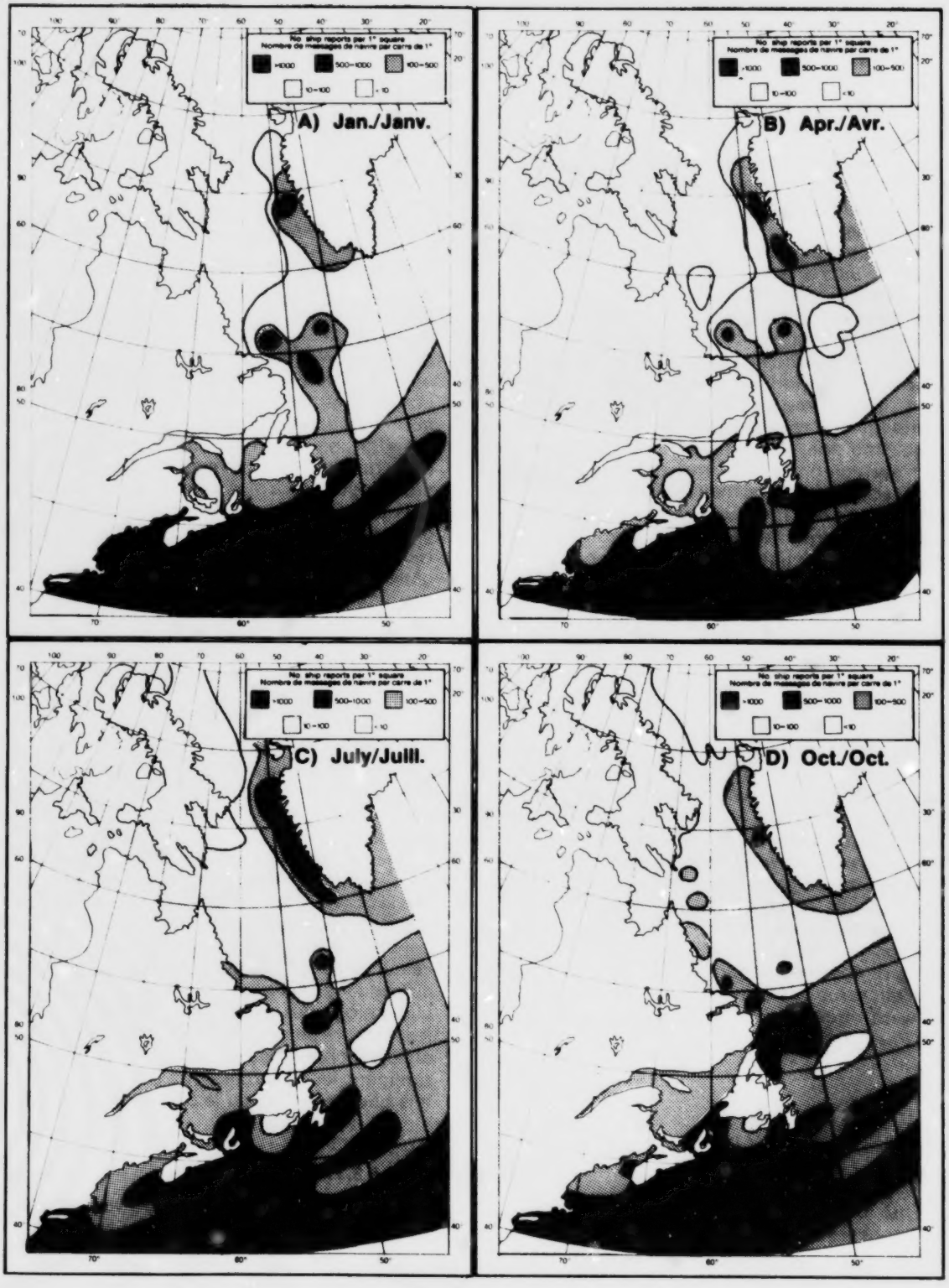

FIGURE 1
Density of Ship-of-Opportunity Observations (1880's to 1979)
Densité des observations de navires de passage (1880 à 1979)

5.3.1 Representativeness of Wind Observations

Much work has been done on the effect of the wind on the wave field, but very little has been done on the potential effects of the wave field on the winds. No definitive work has been done on the determination of the relationship between rig measured winds and the true overwater wind field. Much work remains to be done on defining the optimum averaging time for wind measurements at sea, and in relating measurements at different averaging times. The standard shipboard measurement of wind is a one minute average, the recent recommendations of the World Meteorological Organization specify a ten minute average, and some investigators claim that even longer averaging periods are more appropriate. Wind persistence studies may be very relevant to rig operations and emergency response capability, yet this analysis is not normally published in marine climatologies, although it is available in some of the more recent data summaries from rigs.

5.3.2 Design Winds

Extreme winds are critical for design, yet the procedures for computing extreme winds, are not universally accepted either in the statistical analysis or the sampling of data. For example, many studies estimate the 100-year-wind speeds using a sample based on maximum wave conditions, which is not necessarily the same as the set of maximum wind conditions. The result is that, for each individual area off the east coast, there exist several different values for the design wind. There is rarely any mention of design gust factors or peak winds and their relationship to the mean, or inclusion of small-scale wind effects such as squalls or local wind shear, in existing climatologies.

5.3.3 Future Systems

The future of wind measurement over the ocean appears to lie with satellite systems to be launched at the end of this decade. Satellite-borne scatterometers can produce reliable wind speed and direction measurements over a relatively fine mesh grid on the ocean surface on about a daily basis, depending on the orbital parameters. This should resolve the problem of lack of data for mean

au-dessus de l'océan et de leur variation en fonction de la vitesse du vent et de l'altitude.

5.3.1 Représentativité des observations sur le vent

De nombreux travaux de recherche ont porté sur l'effet du vent sur le champ de vagues, mais peu ont porté sur les effets potentiels du champ de vagues sur les vents. Aucun travail définitif n'a été fait pour déterminer la relation entre les vents mesurés à partir de plates-formes et le champ du vent véritable au-dessus des eaux. Il reste encore beaucoup à faire pour déterminer le temps moyen optimal pour les mesures du vent en mer, et comparer les mesures prises à divers temps moyens. La mesure standard du vent prise à bord de navires est une moyenne sur une minute; toutefois, l'Organisation météorologique mondiale a récemment recommandé de prendre une moyenne sur dix minutes, et certains chercheurs préconisent que des périodes encore plus longues sont plus appropriées. Les études de la persistance du vent peuvent être utiles pour les opérations des plates-formes et pour la capacité de réponse en cas d'urgence, mais cette analyse n'est généralement pas publiée dans les climatologies maritimes, bien qu'elle soit disponible dans certains des résumés les plus récents sur les données de plates-formes.

5.3.2 Vents de projet

Les vents extrêmes sont critiques pour la conception, pourtant les procédures de calcul de ces vents ne sont pas acceptées universellement, que ce soit dans l'analyse statistique ou dans l'échantillonnage des données. Par exemple, dans beaucoup d'études, les vitesses du vent sur 100 ans sont estimées à partir d'un échantillon de données sur les conditions de vagues maximales, ensemble qui n'est pas nécessairement semblable à celui des conditions du vent maximum. Par conséquent, la valeur du vent de projet diffère pour chaque secteur individuel au large de la côte Est. Dans les études climatologiques existantes, on mentionne rarement les facteurs de rafale ou le vent maximum de projet, et son rapport avec la moyenne; de plus, on inclut rarement les répercussions des vents moins forts tels que les grains ou le cisaillement local du vent.

5.3.3 Systèmes futurs

À l'avenir, les mesures du vent au-dessus de l'océan se feront semble-t-il par satellites que l'on placera sur orbite à la fin de cette décennie. Les dispersomètres sur satellites peuvent effectuer des mesures fiables de la vitesse et de la direction du vent au-dessus d'un quadrillage à intervalles relativement petits sur la surface océanique, et ce presque quotidiennement en fonction des

winds, but will provide no information on vertical profiles or gust factors. These systems will produce their own problem, ie. how will the vast amounts of data, which will result from satellite systems, be analysed and archived. Other developmental systems, such as high frequency radar and sea-bottom mounted acoustic sounders, may also provide information on winds on a local basis.

5.4 Icing

5.4.1 Freezing Spray

A considerable amount of effort has been expended in investigation of superstructure icing due to freezing spray on ships. Most of this has been done through the use of empirical models. Observations of superstructure icing by ships are rare, whether the phenomenon is occurring or not. Also, prior to 1982, icing information in Canada was archived only in ships' logs. It is now contained in the Canadian digital archive. Icing is a particularly difficult parameter to define, since it depends on the individual characteristics of the ship, its course and speed. There has been very little effort to date on the evaluation of the effects, if any, of superstructure icing on drill rigs. No reliable equipment has yet been developed for measurement of superstructure icing due to freezing spray. There has similarly been little research on the vertical distribution of spray icing with height.

5.4.2 Freezing Rain

Few reliable estimates have been made of the potential accumulation of freezing rain on rigs and ships and how it affects stability. Chaîné and Skeates (1974) have produced design values for Sable Island which are probably applicable to the entire Scotian shelf. No similar estimates exist for other east coast areas however. Freezing rain is very important to stability, since it accumulates on the large flat decks and in the superstructure, thereby raising the centre of gravity.

5.4.3 Rime or Clear Icing

No reliable estimates have been made of the potential accumulation of rime or clear ice on ships,

paramètres orbitaux. Ces systèmes devraient permettre de résoudre le problème du manque de données pour les vents moyens mais ne fournira aucune information sur les profils verticaux ou facteurs de rafale. De plus ces systèmes présenteront leurs propres problèmes, c.-à-d.: comment analysera-t-on et archivera-t-on les nombreuses données obtenues à partir des satellites? D'autres nouveaux systèmes, comme les radars à haute fréquence, ou les sondes acoustiques installées au fond de la mer, peuvent également fournir des données sur les vents locaux.

5.4 Givrage

5.4.1 Embruns verglaçants

De nombreux travaux ont porté sur l'étude du givrage des superstructures suite au gel de l'embrun sur les navires. La plupart de ces études ont été réalisées à partir de modèles empiriques. Les observations de navires sur le givrage des superstructures sont rares, que le phénomène se produise ou non. De plus, avant 1982, les données sur le givrage au Canada n'étaient archivées que dans les journaux de navigation. Maintenant, ces données se trouvent dans les archives numériques canadiennes. Il est extrêmement difficile de définir le givrage étant donné qu'il s'agit d'un paramètre lié aux caractéristiques individuelles du navire, à sa route et à sa vitesse. Jusqu'à présent, on s'est peu attaché à l'étude des effets du givrage (s'il y en a) de la superstructure des plates-formes de forage. Aucun dispositif fiable n'a encore été mis au point pour mesurer le givrage de la superstructure à cause d'embruns se congelant. De même, peu de recherches ont été entreprises pour déterminer la distribution verticale du givrage des embruns en fonction de la hauteur.

5.4.2 Pluies verglaçantes

Peu d'estimations fiables ont été faites sur l'accumulation potentielle des pluies verglaçantes sur les plates-formes et navires et sur la manière dont elles en affectent la stabilité. Chaîné et Skeates (1974) ont établi des valeurs de calcul pour l'île de Sable, valeurs s'appliquant vraisemblablement à toute la plate-forme continentale de Scotian. Toutefois, il n'existe pas d'estimations semblables pour les autres secteurs de la côte Est. Les pluies verglaçantes affectent nettement la stabilité puisqu'elles s'accumulent sur les grands ponts plats et dans la superstructure, élevant dès lors le centre de gravité.

5.4.3 Givre ou verglas

Aucune estimation fiable n'a été faite sur l'accumulation potentielle du givre ou du verglas sur

rigs or aircraft. Rime or clear ice is particularly serious for helicopter operations, causing possible engine failure or rotor icing with accompanying loss of control. Little data exist for rime or clear ice over the ocean, particularly with respect to its vertical distribution. Some values are available from land-based studies, although their applicability to the marine environment is questionable. Some techniques also exist for prediction of rime or clear icing over the water, using atmospheric liquid water content values, but they are speculative without corroborative measurements.

5.5 Visibility

Visibility statistics are produced for each area as an integral part of every climatology. However, one basic fact is generally overlooked and that is the uncertainty of visibility measurement at sea, particularly at night. No reliable measuring technique has been developed to improve measurement of visibility at sea. There are hindcast techniques for visibility, but these are very crude and not particularly reliable. The recent summaries produced for each rig site are analysed in terms of persistence, but persistence is rarely considered in general climatologies. Also, the spatial variability of visibility at sea is rarely described, and cannot be determined from widely spaced point estimates from rigs.

5.6 Sea Surface Temperature

Sea surface temperature climatologies of the east coast are somewhat speculative, due to the irregularity of ship measurements and absence of data in some areas. The measured data are insufficient to define the complex patterns of sea surface temperatures which occur in this region. Sea surface temperatures can be estimated to an accuracy of 0.5°C on a spatial resolution of 4 kilometres, using visible/infrared radiometry. However, there are problems associated with this technique, such as unknown amounts of water vapor in the atmosphere. Also, fog and cloud conditions prevent temperature measurement more than 75% of the time, since this particular sensor does not have the ability to penetrate cloud. Eventually (by 1990), microwave systems, which are unaffected by cloud, will become more reliable, although the spatial resolution will be much reduced.

les navires, les plates-formes ou les aéronefs. Le givre ou le verglas sont particulièrement dangereux pour les opérations en hélicoptère, pouvant entraîner une panne des moteurs ou le givrage des pales de rotor, avec perte de contrôle. Il existe peu de données sur le givrage ou le verglas au-dessus de l'océan, particulièrement quant à leur distribution verticale. Certaines valeurs ont été obtenues à partir d'études terrestres, toutefois leur applicabilité au milieu marin est contestable. Il existe également certaines techniques pour prévoir le givre ou le verglas au-dessus de l'eau, grâce aux valeurs de la teneur en eau liquide de l'atmosphère, mais ces méthodes sont spéculatives et ne peuvent être vérifiées.

5.5 Visibilité

Des statistiques sur la visibilité sont établies pour chaque région, comme composante intégrale de chaque climatologie. Toutefois, on néglige généralement un facteur fondamental, à savoir l'imprécision des mesures de la visibilité en mer, particulièrement durant la nuit. Aucune technique de mesure fiable n'a été mise au point pour améliorer la mesure de la visibilité en mer. Il existe des techniques de prévision a posteriori de la visibilité, mais elles sont grossières et pas spécialement fiables. Les résumés établis récemment pour chaque site de forage sont analysés en termes de persistance mais ce paramètre est en général rarement considéré dans les études climatologiques. De plus, la variabilité spatiale de la visibilité en mer est rarement décrite et ne peut être déterminée à partir des estimations de plates-formes sur des points fortement éloignés.

5.6 Température de la mer en surface

Les climatologies de la température de la mer en surface sur la côte Est sont quelque peu spéculatives vu l'irrégularité des mesures prises à bord de navires et l'absence de données dans certaines régions. Les données mesurées ne suffisent pas pour définir la configuration complexe des température de la mer en surface dans cette région. On peut estimer les températures de la mer en surface avec une précision de 0,5°C, et une résolution spatiale de 4 km, à l'aide de la radiométrie dans le visible ou l'infrarouge. Toutefois, cette technique présente certains problèmes; par exemple, elle ne précise pas la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère. De plus, le brouillard et les conditions nuageuses empêchent de mesurer la température plus de 75% du temps, puisque ce détecteur particulier n'a pas la capacité de traverser les nuages. Peut-être existera-t-il d'ici 1990 un système à micro-ondes, plus fiable et capable de traverser la couche nuageuse, mais avec une résolution spatiale fortement réduite.

5.7 Rainfall Rates

Although it may not be of critical importance, very little has been done on the measurement of rainfall rates at sea. Precipitation radar could be very helpful in this type of study, particularly because of the location of the AES radar system at Trepassey, Newfoundland.

5.8 Turbulence

At present, the only technique for estimating atmospheric turbulence is empirical, based on wind speed and air-sea temperature differences. These techniques are, in general, not well defined. No reliable measurements have been made. The implementation of instrumentation to measure very short period fluctuations in the wind field in three dimensions would be required for this purpose.

5.9 Joint Distributions

Climatological studies usually deal with conditions in the vicinity of the drill site, but rarely consider the conditions at supporting land stations which may affect operations, but even more critically may affect the emergency response capability. The occurrence of severe conditions at a rig should be correlated with the occurrence of adverse conditions at supporting land stations. Climatological analysis of land station data should be done for other than adverse conditions at drill sites also, since not all accidents may be due to extreme weather. Persistence studies would be of particular importance in this regard.

In addition, studies rarely deal with the joint distribution of two or more parameters. The analysis of each parameter separately may result in apparent non-hazardous conditions. However, when parameters are considered jointly, the risk may be greatly increased. The co-occurrence of high winds and freezing rain is one example with serious implications for aircraft.

It is evident that much work remains to be done in order to adequately define the marine climatology of the east coast. Further studies relating to the marine wind, visibility and icing are particularly important, since these parameters have the greatest potential to produce hazardous conditions.

5.7 Intensité des précipitations

Bien que ce paramètre n'ait pas toujours une importance critique, peu de recherches ont été faites pour mesurer l'intensité des précipitations en mer. Les données radar sur les précipitations pourraient être extrêmement utiles pour ce genre d'étude, particulièrement vu l'emplacement du radar du SEA à Trepassey (Terre-Neuve).

5.8 Turbulence

Actuellement, la seule technique pour évaluer la turbulence atmosphérique est empirique, et se base sur la vitesse du vent et les différences entre les températures air-mer. Généralement, ces techniques sont mal définies et aucune mesure fiable n'a été effectuée. Il faudrait installer des instruments pour mesurer les fluctuations sur de très courtes périodes dans le champ du vent à trois dimensions afin de combler cette lacune.

5.9 Répartitions combinées

Généralement, les études climatologiques traitent des conditions à proximité du site de forage mais tiennent rarement compte des conditions prévalant à la station terrestre de soutien, conditions pouvant non seulement affecter les opérations mais également affecter fortement la capacité de réponse en cas d'urgence. Il faudrait mettre en corrélation l'occurrence de conditions météorologiques graves à une plate-forme et celle de conditions météorologiques adverses aux stations terrestres de soutien. L'analyse climatologique des données de stations terrestres ne devrait pas se faire uniquement lors de conditions adverses au site de forage étant donné que les accidents ne sont pas tous dus à des évènements météorologiques extrêmes. À cet effet, les études de la persistance pourraient présenter un intérêt particulier.

En outre, les études portent rarement sur la répartition conjointe de deux ou plusieurs paramètres. L'analyse séparée de chaque paramètre peut faire présumer l'existence de conditions apparemment non dangereuses. Toutefois, lorsque les paramètres sont étudiés conjointement, on se rend compte que le risque est parfois nettement plus grand. Par exemple, l'occurrence de grands vents en même temps que des pluies verglaçantes présente de grands risques pour les aéronefs.

Bien entendu, il reste encore à faire de nombreuses études pour définir de façon adéquate la climatologie marine sur la côte Est. Il faut principalement entreprendre des études sur le vent, sur la visibilité et sur le givrage en mer, puisque ce sont ces paramètres qui risquent le plus de créer des conditions dangereuses.

6. SUMMARY AND FUTURE WORK

In summary, this report outlines the atmospheric parameters important to human safety in offshore drilling and support activities. It addresses in broad terms the organizations involved in research activities related to marine climatology, in the context of the critical parameters, and the nature of their involvement. The report describes the scope of work published in marine climatology to date, and indicates subject areas where deficiencies exist in the knowledge of marine climatology which must be resolved, if hazards to oil exploration activities due to atmospheric conditions are to be reduced.

Part I has dealt in general terms with identifying the scope of problems and efforts to reduce them. Part II will address the state-of-the-art in marine climatology for each of the critical parameters identified in Section 2, according to the criteria in Appendix A.

6. RÉSUMÉ ET TRAVAUX FUTURS

En résumé, ce rapport met en évidence les paramètres atmosphériques importants pour la sécurité humaine lors des activités de forage et de soutien au large des côtes. Il présente de façon générale les organismes participant aux activités de recherche en climatologie maritime, dans le cadre de l'étude des paramètres critiques, et il précise la nature de leur participation. Le rapport décrit le contenu des travaux publiés en climatologie maritime jusqu'à ce jour; il précise également les secteurs où il nous faudra combler des lacunes dans nos connaissances en matière de climatologie maritime, si l'on souhaite réduire les dangers que posent les conditions atmosphériques pour les activités d'exploration pétrolière.

La première partie a identifié globalement les problèmes à résoudre et les efforts à entreprendre pour les réduire. La seconde partie présentera l'état de l'art en climatologie maritime pour chaque paramètre critique identifié à la section 2, selon les critères mentionnés à l'annexe A.

PART II

The following paragraphs critically describe the data bases used in marine climatology and the observing and analysis techniques for each parameter critical to human safety. Recommendations on improving the present state of knowledge of the marine atmosphere are presented.

PARTIE II

Les paragraphes qui suivent décrivent d'un oeil critique les bases de données utilisées en climatologie maritime et les techniques d'observation et d'analyse pour chaque paramètre présentant un risque pour l'homme. Cette section propose également des recommandations pour améliorer nos connaissances actuelles de l'atmosphère marine.

7. DATA BASES FOR MARINE CLIMATOLOGY

Data used in marine climatological studies are derived from many sources. Some of these are comprised of measured or visually estimated data; others are derived from theoretical models of the atmosphere. Still others are produced by relating measurements of various physical properties of the ocean-atmosphere system to the standard parameters by empirical algorithms. Descriptions of these data bases are presented in the following paragraphs.

7.1 Transient Ship Data

Observations from transient ships, also called ships-of-opportunity, are historically the most commonly used data base in marine climatology. Observations are taken according to World Meteorological Organization (WMO) codes. Canadian co-operating ships follow the Manual of Marine Weather Observing (MANMAR) (Environment Canada, 1982), the Canadian version

7. BASES DE DONNÉES POUR LA CLIMATOLOGIE MARITIME

Les données utilisées pour les études en climatologie maritime sont obtenues à partir de plusieurs sources. Certaines comprennent des données mesurées ou estimées visuellement; d'autres sont obtenues à partir de modèles théoriques de l'atmosphère. D'autres encore sont établies en faisant correspondre à l'aide d'un algorythme empirique les mesures des diverses propriétés physiques du système océan-atmosphère et les paramètres standard. Les paragraphes qui suivent décrivent ces bases de données.

7.1 Données de navires de passage

Les données d'observation provenant de navires de passage, sont historiquement les bases de données le plus communément utilisées en climatologie maritime. Les observations sont prises selon les codes de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Les navires canadiens collaborants se servent du manuel des observations météorologiques maritimes

of the WMO code. The parameters observed by transient ships are given in Table 1. Each ship may report some, or all, of the parameters listed. Parameters may be measured or estimated depending on the ship's instrumentation. Some ships report at 6 or 12 hour intervals, others report irregularly.

In general, the observations are taken by personnel relatively untrained in meteorology, for whom weather observing is not the prime function (for example, radio operators). Lack of training and motivation can seriously affect the data quality. There is no regulation or certification of observers.

The quality of ship data may also be affected by the difficulty in properly siting instrumentation such as anemometers and thermometers, to avoid effects caused by the ship itself.

A wide range of quality exists in ship observations, in types of instrumentation and observer training and motivation. Inspections are periodically done, in Canada, by Port Meteorological Officers, to promote standard observing techniques and to improve the quality of the data.

Ship data suffer from other problems as well. Ships tend to follow well-defined shipping lanes, thus leaving many data-sparse areas (Figure 1). For example, few data are available in northern coastal areas such as the Labrador shelf or western Baffin Bay/Davis Strait in winter due to the ice cover which inhibits ship movement. The Gulf of St. Lawrence is similarly affected. There is speculation that ship data also contain a "fair weather" bias, since ships will try to avoid bad weather if possible. The amount of this bias is likely variable, depending on the area.

While the data base of ship observations extends from the 1800's, due to its transient nature ship data are unsuitable for many climate applications. Extreme value and persistence analysis, for example, require a lengthy time series of observations at a specific location.

7.2 Weathership Data

Weatherships provide the most reliable source of data in the marine environment, since the collection of meteorological and oceanographic data is their main purpose. The observers have several months of training. The weatherships report using the WMO codes. The parameters reported are

(MANMAR), (Environnement Canada, 1982), version canadienne du code de l'OMM. Les paramètres observés par les navires de passage sont données au tableau 1. Chaque navire signale certains de ces paramètres ou tous. Les paramètres sont mesurés ou estimés, selon l'instrumentation du navire. Certains navires effectuent leurs messages à 6 ou 12 heures d'intervalle, d'autres le font irrégulièrement.

En général, les observations sont prises par des personnes n'ayant que peu de formation en météorologie et pour qui l'observation météorologique ne constitue pas la responsabilité principale (par exemple, les opérateurs radio). Le manque de formation et de motivation peuvent avoir une influence très néfaste sur la qualité des données. Il n'existe aucun règlement ou certificat pour les observateurs.

La qualité des données de navires peut aussi être affectée par la difficulté de placer les instruments, comme les anémomètres et les thermomètres, de façon à éviter l'effet du navire lui-même sur les mesures.

La qualité des observations de navires varie fortement, en fonction du type d'instrument, de la formation des observateurs et de leur motivation. Au Canada, les agents météorologiques des ports procèdent à des inspections périodiques afin de promouvoir des techniques standard d'observation et afin d'améliorer la qualité des données.

Les données de navires présentent encore d'autres problèmes. Généralement, les navires suivent des routes de navigation bien définies, laissant de nombreux secteurs avec des données éparses (figure 1). Par exemple, il existe peu de données pour les régions côtières dans le Nord, telles que le plateau du Labrador ou la zone à l'ouest de la Baie de Baffin et du Détroit de Davis en hiver, car la couverture de glace entrave la navigation. On rencontre les mêmes problèmes dans le Golfe du Saint-Laurent. On soupçonne également que les données de navire contiennent un biais "temps beau" puisque les navires essaieront d'éviter dans la mesure du possible le mauvais temps. L'ampleur de ce biais varie vraisemblablement en fonction de la région.

Même si les bases de données établies à partir des observations de navire remontent jusqu'aux années 1800, vu leur nature passagère, elles sont inadéquates pour de nombreuses applications climatologiques. L'analyse de la valeur extrême et de la persistance par exemple nécessite des séries chronologiques d'une certaine durée sur les observations relevées à une station spécifique.

7.2 Données de navires météorologiques

Ce sont les navires météorologiques qui constituent la source la plus fiable de données sur le milieu marin, étant donné que la collecte des données météorologiques et océanographiques est leur principale fonction. Les observateurs sur ces navires ont suivi plusieurs mois de formation. Les

TABLE/TABLEAU 1
Parameters observed by ships
Paramètres observés par les navires

Parameter Paramètre	Observing Method Méthode d'observation	Observation Transmitted Observation transmise
Visibility Visibilité	E	coded by range codée selon la portée
Wind (direction, speed) Vent (direction, vitesse)	E & M	a value valeur
Air temperature Température de l'air	M	a value valeur
Wet bulb temperature Temperature du thermomètre mouillé	M	a value valeur
Dewpoint temperature Température du point de rosée	M	a value valeur
Atmospheric pressure, tendency Pression atmosphérique, tendance	M	a value & a code valeur & code
Past weather* Temps passé*	E	coded by type codée par type
Present weather** Temps présent**	E	coded by type codée par type
Cloud (type, amount, height) Nuages (type, étendue, altitude)	E & M	a value; and coded by type & range valeur et codée selon le type et l'altitude
Wave (type, height, direction, period) Vagues (type, hauteur, direction, période)	E & M	coded by range codée selon une gamme de valeurs
Ice accretion (type, thickness, rate) Givrage (type, épaisseur, vitesse)	E	a value; and coded by type valeur et codée par type

Note:/Remarque :

E — Estimated/Estimation

M — Measured/Mesure

* — Past weather — the type(s) of weather (cloud, precipitation, obstructions to vision and thunderstorms) occuring in the period since the last observation.

Temps passé — le ou les phénomènes météorologiques (nuages, précipitations, obstacles à la visibilité et orages) qui ont eu lieu depuis la dernière observation.

** — Present weather — classification of the type(s) of weather by observing for phenomena such as precipitation type, character and intensity, obstructions to vision, squalls, thunderstorms and tornados.

Temps présent — classification du ou des types de temps en observant par exemple le type, le caractère et l'intensité des précipitations, les obstacles à la visibilité, les grains, les orages et les tornades.

listed in Table 1. Observations are taken at 1 or 3 hour intervals. Instruments are carefully sited and maintained, although some effects may be unavoidable, for example, the effect of the superstructure on the air flow.

The major drawback to weathership data is the poor spatial coverage. The number of weatherships is low, and their locations tend to be in areas removed from the coastal zone. A map of weathership locations on the east coast is shown in Figure 2. Unfortunately most weatherships have been decommissioned in recent years (since 1974) due to high operating costs.

Weatherships provide a relatively complete time series of data at or near a specific location, so are suitable for persistence and extreme value analysis.

7.3 Drill Rig Data

Drill rigs are required, as a condition of their permit to drill from the federal government, to provide observations on a regular basis. These observations follow the MANMAR code in most cases. The parameters observed are shown in Table 1. The regulations for observing meteorological and oceanographic data are administered by Canada Oil and Gas Lands Administration (Department of Energy, Mines and Resources, 1983).

Observers are required to undergo training in observing procedures and to achieve standards of competency established by the Atmospheric Environment Service (AES). Training normally consists of a 5 day course given by the AES. Observations are required every 3 hours. Where flying is involved, hourly observations and specials are required. Training for an additional 5 days and official certification by AES is required for observers responsible for aviation weather observations. As a result, the observations are generally of a higher quality than transient ship data, although less reliable than weatherships or other ships where more fully trained AES observers may be employed, such as ice reconnaissance vessels. For some observers, weather observations may not be the prime function, and a conflict may arise.

As with transient ships, siting and maintenance of instrumentation may be a problem,

navires météorologiques effectuent leurs messages selon les codes de l'OMM. Les paramètres étudiés sont répertoriés au tableau 1. Les observations sont prises à des intervalles de 1 à 3 heures. Les instruments sont installés et entretenus soigneusement, mais toutefois certains effets sont inévitables, par exemple l'influence de la superstructure sur l'écoulement de l'air.

Le principal désavantage des données de navire météorologique est leur médiocre réseau spatial d'observation. Il existe peu de navires météorologiques et ils se trouvent généralement loin des côtes. La figure 2 est une carte indiquant où se trouvent les navires météorologiques sur la côte Est. Malheureusement, la majorité des navires météorologiques ont été mis hors service ces dernières années (depuis 1974) vu les coûts élevés d'exploitation.

Les navires météorologiques produisent des séries chronologiques relativement complètes de données à proximité d'un endroit spécifique (ou à cet endroit) et conviennent donc à l'analyse de la persistance et de la valeur extrême.

7.3 Données de plates-formes de forage

Le gouvernement fédéral impose aux plates-formes de forage de fournir des observations météorologiques de façon régulière pour obtenir le droit de procéder aux opérations de forage. Ces observations sont établies dans la plupart des cas selon le code MANMAR. Le tableau 1 présente les paramètres observés. Les règles régissant l'observation des données météorologiques et océanographiques sont administrées par l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (Énergie, Mines et Ressources, 1983).

Les observateurs doivent suivre une formation portant sur les procédures d'observation et atteindre un certain niveau de compétence fixé par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA). La formation consiste normalement en un cours de 5 jours, donné par le SEA. Les observations doivent être faites toutes les 3 heures. Lorsque les observations sont destinées à l'aviation, il faut effectuer des observations horaires et spéciales. Les observateurs responsables des observations météorologiques pour l'aviation doivent suivre une formation supplémentaire de 5 jours et obtenir une homologation officielle du SEA. Par conséquent, les données d'observation sont généralement de meilleure qualité que les données d'observation de navires de passage, bien que moins fiables que les données de navires météorologiques ou d'autres navires où travaillent des observateurs formés intégralement par le SEA, tels les navires de reconnaissance des glaces. Pour certains observateurs, l'observation météorologique ne constitue pas la responsabilité principale, ce qui peut poser certaines difficultés.

Comme pour les navires de passage, l'emplacement et l'entretien des instruments peut

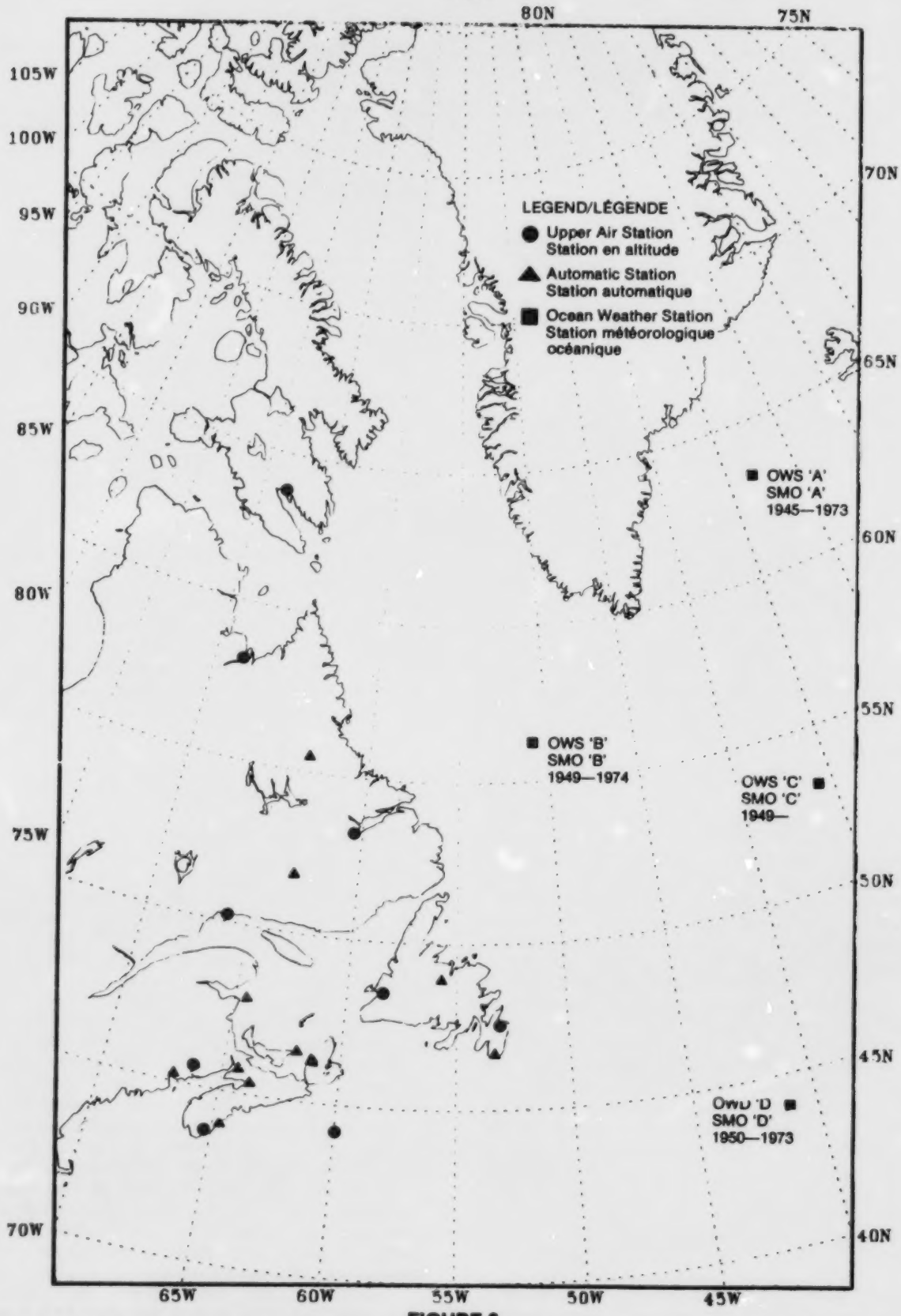

FIGURE 2

Canadian East Coast Locations of Upper Air, Automatic and Ocean Weather Stations
Localisations sur la côte Est du Canada des stations météorologiques en altitude, automatiques et océaniques

for example, keeping a thermometer away from heat sources. Instruments are sited as well as possible by the Port Meteorological Officer, within the constraints of normal drilling operations. The superstructure is immense, and may have a considerable effect on the airflow. Anemometers are frequently mounted on top of the derrick, rendering calibration impossible. At best, calibration is done prior to installation and consists of calibration at 26 knots only.

The observations will differ from those taken by conventional ships, due to the height of the instrumentation above the water. This is particularly true for the wind, but may also affect observations of air temperature, cloud, visibility, icing and waves.

Drill rig data are useful for persistence analysis, since the observations are taken at one location, but are inappropriate for extreme value analysis, since the periods of record at one location are generally of the order of months. In fact, the entire data base of drill rig operations extends only back to about 1972, and only since about 1980 has winter drilling been approved. Some "fair weather" bias may occur in the drill rig data as well, since rigs may be evacuated when certain critical conditions either occur or are forecast.

7.4 Land Data

Land data are generally of very good quality. Observations at Canadian land stations are taken according to the Manual of Surface Weather Observations (MANOBS) (Environment Canada, 1977). The parameters observed are shown in Table 2. The AES operates some stations with well-trained observers, and reliable well-sited instruments. Observations are taken at hourly intervals at many locations. Some sites have abbreviated programs. Other land stations use AES equipment, but are manned by radio operators or other personnel, or are contracted stations.

The main drawback to land station data in marine climatology is that the data are often not representative of the marine environment. For example, air temperature is usually different between land and sea areas due to the difference in heating and cooling caused by the underlying surface. Wind speed and direction are also affected due to the increased surface friction on the rougher land surface and topographic effects. Thus land data usually cannot be directly extrapolated to accurately reflect over-water conditions.

poser un problème, par exemple, lorsque l'on souhaite placer un thermomètre à l'écart des sources de chaleur. Les instruments sont installés au meilleur endroit possible par l'agent météorologique des ports, tout en tenant compte des restrictions liées aux opérations normales de forage. La superstructure est immense et peut avoir une incidence énorme sur le flux d'air. Les anémomètres sont souvent installés au-dessus des tours de forage, ce qui rend l'étalonnage impossible. Au mieux, l'étalonnage est réalisé avant l'installation et se fait à 26 noeuds seulement.

Les observations seront différentes de celles prises par les navires conventionnels, vu la hauteur à laquelle sont placés les instruments au-dessus de l'eau. Ce fait se vérifie en particulier pour le vent, mais peut aussi affecter les observations de la température de l'air, des nuages, de la visibilité, du givrage et des vagues.

Les données de plate-forme de forage sont utiles pour l'analyse de la persistance puisque les observations sont prises en un seul lieu. Toutefois elles ne conviennent pas à l'analyse de la valeur extrême, étant donné que le relevé en un lieu ne porte en général que sur quelques mois. En fait, la base de données globale des observations de plates-formes de forage ne remonte qu'à environ 1972, et ce n'est que depuis 1980 que l'on a autorisé le forage en hiver. On peut également observer un biais "temps beau" dans les données de plates-formes de forage étant donné que ces plates-formes sont parfois évacuées lorsque des conditions critiques sévissent ou sont prévues.

7.4 Données terrestres

Les données terrestres sont généralement d'excellente qualité. Les observations aux stations terrestres canadiennes sont relevées selon le manuel des observations météorologiques en surface (MANOBS) (Environnement Canada, 1977). Le tableau 2 présente les paramètres observés à ces stations. Le SEA exploite certaines stations avec des observateurs qui ont suivi une bonne formation et équipées d'instruments fiables et bien localisés. Les observations sont prises toutes les heures à plusieurs endroits. Certaines stations ont des programmes réduits. D'autres stations terrestres utilisent l'équipement du SEA mais sont exploitées par des opérateurs radio ou d'autres personnes, ou encore sont mises en sous-traitance.

Le principal désavantage des données de stations terrestres en climatologie maritime vient du fait qu'elles sont rarement représentatives du milieu marin. Par exemple, la température atmosphérique diffère généralement entre les zones terrestres et marines vu les différences de réchauffement et de refroidissement causés par la surface sous-jacente. La direction et la vitesse du vent sont aussi affectées par une augmentation du frottement en surface, due à la topographie et à la surface terrestre plus rugueuse. En général, les données terrestres ne peuvent donc pas être directement extrapolées

TABLE/TABLEAU 2
Parameters observed at land stations (hourly and synoptic)
Paramètres observés aux stations terrestres (horaires et synoptiques)

Parameter Paramètre	Observing Method Méthode d'observation	Observation Transmitted Observation transmise
Visibility Visibilité	E	coded by range codée selon la portée
Wind (direction, speed, peak) Vent (direction, vitesse, vitesse maximale)	E & M	a value valeur
Air temperature Température de l'air	M	a value valeur
Wet bulb temperature Température du thermomètre mouillé	M	a value valeur
Dewpoint temperature Température du point de rosée	M	a value valeur
Atmospheric pressure Pression atmosphérique	M	a value valeur
Humidity Humidité	E & M	a value valeur
Past weather* Temps passé*	E	coded by type codée par type
Present weather** Temps présent**	E	coded by type codée par type
Cloud layers (type, height, amount, opacity) Couche nuageuse (type, altitude, étendue, opacité)	E	a value; and coded by range & type valeur et codée par altitude et type
Precipitation amount Hauteur des précipitations	M	a value valeur
Snow (amount, depth, water equivalent) Neige (quantité, profondeur, équivalent en eau)	M	a value valeur
Rain (amount, rate) Pluie (hauteur, intensité)	M	a value valeur

Note:/Remarque :

E — Estimated/Estimation

M — Measured/Mesure

* — Past weather — the type(s) of weather (cloud, precipitation, obstructions to vision and thunderstorms) occuring in the period since the last observation.

Temps passé — le ou les phénomènes météorologiques (nuages, précipitations, obstacles à la visibilité et orages) qui ont eu lieu depuis la dernière observation.

** — Present weather — classification of the type(s) of weather by observing for phenomena such as precipitation type, character and intensity, obstructions to vision, squalls, thunderstorms and tornados.

Temps présent — classification du ou des types de temps en observant par exemple le type, le caractère et l'intensité des précipitations, les obstacles à la visibilité, les grains, les orages et les tornades.

Land stations provide excellent time series for persistence and extreme value analysis, although some stations may have altered instrumentation or site during the period of record. The Canadian digital archive of hourly observations extends from 1953. Some stations have shorter periods of record.

7.5 Satellite Data

Satellites have been used increasingly in recent years to produce data for a variety of parameters such as sea surface temperature, waves, winds, clouds and sea ice. These are not direct measurements, but are estimates of fields based on algorithms relating some physical property of the ocean or atmosphere to geophysical values. For example, sea surface temperature can be estimated using the energy radiated by the sea surface, as measured at the satellite. Wind speed and direction can be deduced from the scattering pattern produced by the capilliary waves on the ocean surface, of a microwave beam emitted by the satellite.

Wind data were produced from the SEASAT-A satellite, a prototype, lasting only 99 days. However, the concept was successfully demonstrated. Satellites should prove useful tools in filling data gaps, for example in ice-infested areas, by the end of this decade.

To date, quantitative data are not widely archived, due to the huge data volume. Only photographic images are retained, and these are inappropriate for most climatological applications. Some sea surface temperature data derived from satellite information have been archived.

Present satellite data bases are inappropriate for any climatological analysis, due to their short period of record, and the sporadic nature of their coverage. Future systems will only be useful for analyses such as persistence and extreme value analysis if the temporal and spatial coverage is sufficient to provide sampling of particular areas at least twice per day.

7.6 Precipitation Radar Data

Radar has been used for many years to provide quantitative estimates of precipitation amounts and rates. These are not direct measurements, but estimates based on the scattering of the radar beam by water droplets or ice crystals. As a result, the

pour refléter précisément les conditions au-dessus de l'eau.

Les stations terrestres fournissent d'excellentes séries chronologiques pour l'analyse de la persistance et de la valeur extrême, bien que certaines stations aient parfois modifié leur instrumentation ou changé de site durant la période du relevé. Les archives numériques canadiennes d'observations horaires remontent à 1953. Certaines stations ont des relevés portant sur une période plus courte.

7.5 Données satellitaires

Ces dernières années, on a de plus en plus utilisé les satellites pour obtenir des données sur divers paramètres, comme la température de la mer en surface, les vagues, les vents, les nuages et les glaces de mer. Il ne s'agit pas de mesures directes mais d'estimation des champs à partir d'algorythmes mettant en corrélation certaines propriétés physiques de l'océan ou de l'atmosphère, et des valeurs géophysiques. Par exemple, la température de la mer en surface peut être estimée à partir de l'énergie rayonnée par la surface de la mer et mesurée par satellite. La vitesse et la direction du vent peuvent être déduites à partir de la configuration de diffusion produite par les vagues capillaires à la surface de l'océan, observée grâce à un satellite à micro-ondes.

Les données éoliennes ont été obtenues à partir du satellite SEASAT-A, prototype n'ayant été exploité que 99 jours. Toutefois, il s'agissait là d'une démonstration satisfaisante du concept. D'ici la fin de cette décennie, les satellites devraient être des outils utiles pour combler les lacunes en matière de données, par exemple pour les régions englacées.

Jusqu'à présent, on n'a pas archivé de nombreuses données quantitatives, principalement à cause de leur énorme volume. Seules les images photographiques ont été retenues et elles sont inadéquates pour la plupart des applications climatologiques. On a toutefois archivé certaines données de la température de la mer en surface, obtenues à partir de satellites.

Les bases de données satellitaires que l'on possède actuellement ne conviennent à aucune analyse climatologique vu la courte période sur laquelle porte leur relevé et la nature sporadique de leur réseau d'observation. Les nouveaux systèmes ne seront utiles qu'à des analyses comme celles de la persistance ou de la valeur extrême, pour autant que le réseau temporel et spatial soit suffisant pour fournir un échantillonnage de régions particulières, au moins deux fois par jour.

7.6 Données radar des précipitations

Depuis de nombreuses années, on utilise le radar pour obtenir des estimations quantitatives de la hauteur et de l'intensité des précipitations. Il ne s'agit pas de mesures directes mais d'estimations basées sur la diffusion d'un faisceau radar par des

estimated rainfall rate is subject to considerable error, and should be "calibrated" for each rainfall event against a measured total amount. This will reduce, but not eliminate, the uncertainty. Other factors, such as wind and humidity, may contribute to errors in precipitation estimation by radar. Errors associated with quantitative snowfall measurement are greater than for rain. However, radar does give an accurate interpretation of the spatial variation of the precipitation. Battan (1973) contains a complete description of precipitation measurement by radar.

The short period of observation of archived radar data makes this data set inappropriate for extreme value analysis, which usually requires at least 10 years of continuous record. However, the continuous recording nature of radar makes it suitable for persistence analysis. The utility is somewhat limited due to the lack of calibrating surface measurements over the ocean.

7.7 Hindcast Data

Hindcast data are synthesized from historical records such as surface and upper air weather maps, using theoretical models of the atmosphere and ocean. Winds and waves are the most commonly hindcast fields, although other parameters such as air temperature, fog and cloud may be hindcast also. Derived fields such as icing and windchill may be produced from hindcast fields.

Wind hindcasts, which form the basis for wave hindcasts, are produced mainly from historical surface pressure maps. Geostrophic winds are computed from pressure gradients. These are usually modified to account for ageostrophic components such as isobar curvature and pressure tendency. The resulting winds are then further modified through the use of a planetary boundary layer model to incorporate atmospheric stability and surface friction effects. The resulting wind is assumed to represent the "true" overwater wind at a reference height of 19.5 m. Daily surface pressure maps are available back to the last century; digital gridded pressure data exist from 1946, on a 6-hourly basis. However, the data quality of the early analyses over the ocean is generally poor, due mainly to the lack of observations. For that reason most hindcast data sets do not extend back past 1956. Even in the post-1956 era, however, the reliability of the surface pressure analyses, both in time and space, is quite variable, due to the distribution of the transient ships which form the main input to the surface pressure analyses.

gouttelettes de pluie ou des cristaux de glace. Par conséquent, l'estimation de l'intensité des pluies est sujette à une importante erreur et devrait être "étalonnée" pour chaque pluie, par comparaison à une hauteur totale mesurée. Cette procédure réduira l'imprécision, sans pour autant l'éliminer. D'autres facteurs, tels que le vent et l'humidité, peuvent entraîner des erreurs d'estimation des précipitations par radar. Les erreurs associées à la mesure quantitative des chutes de neige sont supérieures à celles pour la mesure des pluies. Toutefois, le radar donne une interprétation précise de la variation spatiale des précipitations. Battan (1973) offre une description complète de la mesure des précipitations par radar.

Les données radar archivées ne portent que sur une courte période d'observation et constituent donc un ensemble inapproprié pour l'analyse de la valeur extrême pour laquelle il faut généralement au minimum un relevé continu sur 10 ans. Toutefois, la nature permanente de l'enregistrement par radar permet d'utiliser ces données pour l'analyse de la persistance. L'utilité de ces données est quelque peu limitée vu l'absence d'étalonnage des mesures en surface au-dessus de l'océan.

7.7 Données rétrospectives

Les données rétrospectives sont synthétisées à partir de relevés historiques comme les cartes météorologiques en surface et en altitude, grâce à des modèles théoriques de l'atmosphère et de l'océan. En général, on établit des champs de prévision a posteriori pour le vent et les vagues bien que d'autres paramètres tels que la température de l'air, le brouillard et les nuages peuvent également faire l'objet de prévisions a posteriori. Les champs calculés du givrage et de la froideur du vent par exemple peuvent être obtenus à partir des champs de prévision a posteriori.

Les prévisions a posteriori du vent, qui servent de base pour les prévisions a posteriori des vagues, sont établies principalement à partir de cartes historiques de la pression en surface. Les vents géostrophiques sont calculés à partir des gradients de pression. Ils sont généralement modifiés pour tenir compte des composantes agéostrophiques, telles que l'incurvation des isobares ou la tendance barométrique. Les vents obtenus sont ensuite modifiés grâce à un modèle de la couche limite planétaire afin de tenir compte de la stabilité atmosphérique et des effets du frottement en surface. On considère que les valeurs du vent obtenues représentent le "véritable" vent au-dessus de l'eau, à une altitude de référence de 19,5 m. Il existe des cartes quotidiennes de la pression en surface, remontant au siècle dernier; on possède des données numériques sur grille de la pression depuis 1946, relevées toutes les 6 heures. Toutefois, la qualité des données provenant des premières analyses au-dessus de l'océan est généralement médiocre, principalement du l'insuffisance des observations. C'est pourquoi, la plupart des

Other uncertainties arise in the hindcast data base, due to assumptions made in the calculation of the geostrophic wind and the subsequent use of generalized planetary boundary layer models. Conditions at a specific location in space and time may produce different vertical wind profiles than assumed by the models. For this reason hindcast data must be verified against reliable, over-water measurements.

Most hindcast wind data contain no direct wind input, but are calculated solely from pressure maps and theory. Recent studies (Cardone *et al.*, 1980) have demonstrated that inclusion of observed wind data in the hindcast procedure significantly reduces the uncertainties. No long term hindcast presently exists which incorporates observed winds.

Hindcast data are produced on a grid for periods of 20 years or more. This is ideal for many climatological applications, including persistence and extreme value analysis, and examination of spatial and temporal variability. However, limitations in grid size may allow important small-scale features to pass undetected. The grid size can be reduced, but if sufficient ship data are not available in the original analysis, no benefit will be derived from the smaller grid scale.

Hindcast data deal with winds produced by travelling high and low pressure systems; there is no mechanism to include winds caused by local effects. In some areas the local wind effects may dominate. The use of ship pressure data as the main source of information does not contribute great uncertainty to the hindcast, since the pressure data are more reliable than other parameters.

Other hindcast fields are generally very crude, due partly to a lack of understanding of the physical processes involved, and mostly due to the lack of complete descriptions of the fields necessary to predict complex phenomena such as fog and cloud. No hindcast data sets are known for atmospheric parameters other than wind, although a fog climatology based on hindcasts has been produced by Renard *et al.* (1975).

ensembles de données rétrospectives ne remontent pas à avant 1956. Toutefois, même après 1956, la fiabilité des analyses de la pression en surface, à la fois temporelle et spatiale, varie considérablement vu la répartition des navires de passage, source principale des données pour les analyses de la pression en surface.

Les bases de données rétrospectives présentent d'autres imprécisions, vu les hypothèses faites pour le calcul du vent géostrophique et vu l'usage de modèles généralisés de la couche limite planétaire. Les conditions temporelles et spatiales prévalant à un site spécifique peuvent produire d'autres profils verticaux du vent que ceux sur lesquels sont basés les modèles. C'est pourquoi, il faut comparer les données rétrospectives à des mesures fiables faites au-dessus des eaux.

La plupart des données de prévision du vent a posteriori ne contiennent aucune donnée directe sur le vent mais sont calculées uniquement théoriquement et à partir de cartes de pression. Des études entreprises récemment (Cardone et al, 1980) ont prouvé que l'inclusion de données d'observation du vent au processus de prévision a posteriori réduit fortement les imprécisions. Actuellement, il n'existe aucun ensemble de données rétrospectives à longue échéance, qui incorpore les données observées sur le vent.

Les données rétrospectives sont produites sur grille, pour des périodes de 20 ans ou plus. Elles sont idéales pour de nombreuses applications climatologiques, notamment l'analyse de la persistance et de la valeur extrême, et l'étude de la variabilité spatiale et temporelle. Toutefois, vu la taille des grilles, certains phénomènes importants à petite échelle ne sont pas toujours détectés. La taille de la grille peut être réduite, mais s'il n'existe pas suffisamment de données de navires dans l'analyse d'origine, il ne sert à rien de réduire l'échelle de la grille.

Les données rétrospectives portent sur les vents produits par les systèmes mobiles de haute et basse pression; il n'existe aucun mécanisme pour inclure les vents provoqués par des effets locaux. Pourtant, dans certaines régions, les effets locaux sur le vent sont prédominants. Le fait d'utiliser surtout les données de pression obtenues à partir de navires n'accroît pas l'imprécision des prévisions à posteriori puisque les données de pression sont plus fiables que tout autre paramètre.

Les autres champs de prévision a posteriori sont généralement très grossiers, partiellement vu le manque de compréhension du processus physique impliqué, et principalement vu l'absence d'une description complète des champs nécessaires pour prévoir des phénomènes complexes tels que le brouillard et les nuages. On ne connait aucun ensemble de données rétrospectives pour les paramètres atmosphériques autres que le vent, bien qu'une climatologie du brouillard, basée sur les prévisions a posteriori, ait été établie par Renard et al (1975).

7.8 Operational Model Data

Data are produced routinely from the operational models of numerical forecast centres in Canada and the United States. Some of these data consist of objectively analysed measured fields, while other fields consist of theoretical model output. Data are often produced for a wide range of surface and upper air meteorological and oceanographic parameters. Derived parameters may be computed from the basic parameters. An example is the Naval Environmental Data Network (NEDN) data set, produced by the U.S. Fleet Numerical Oceanography Center in Monterey, California (U.S. Naval Weather Service Command, 1975).

Operational data are very similar to hindcast data in their creation, and are subject to similar uncertainties. They also must be verified against reliable over-water data to assess their applicability.

The format of operational data sets is conducive to climate analyses, including persistence and extreme value analysis. However, problems may arise due to changes in operational methodologies, so that parameters are not equivalent over the entire time span. Frequently, the operational data set is not archived, or is archived for only a short period, for example, 1 year. At present, the only operational data set available for analysis is the NEDN data set for the period 1974-1982. The data set is presently being evaluated for utility in climate analysis.

7.9 Upper Air Data

Upper air data are measured at a relatively few locations around the world. Data are measured by an instrument package attached to a radiosonde balloon, and consist of atmospheric pressure, air temperature, dewpoint temperature, and wind speed and direction for many levels through the atmosphere. This information is mapped on a 12-hourly basis and archived on film and in operational model data sets.

The observers of upper air data have several months of training; therefore, the data should be of consistently high quality. Weather observations are the principal function of the AES personnel who take Canadian upper air measurements.

Upper air data have no direct bearing on safety of drilling operations. However, they are important in analysing surface meteorological features, which

7.8 Données des modèles opérationnels

Des données sont obtenues de façon systématique à partir des modèles opérationnels des centres de prévision numérique au Canada et aux États-Unis. Certaines de ces données sont des champs de mesures analysées objectivement, tandis que d'autres champs sont le résultat de modèles théoriques. Fréquemment, les données sont produites pour de nombreux paramètres météorologiques et océanographiques divers, en surface et en altitude. Les paramètres dérivés peuvent être calculés à partir des paramètres de base. Un exemple d'ensemble de données est le Naval Environnemental Data Network (NEDN), établit par le U.S. Fleet Numerical Oceanography Center à Monterey, Californie (U.S. Naval Weather Service Command, 1975).

Le processus de création des données opérationnelles est très semblable à celui de création des données rétrospectives et présente les mêmes imprécisions. Pour évaluer leur applicabilité, les données opérationnelles doivent aussi être comparées à des données fiables au-dessus de l'eau.

Le format des ensembles de données opérationnelles est utile aux analyses climatologiques, notamment les analyses de la persistance et de la valeur extrême. Toutefois, des problèmes peuvent se poser suite à un changement de méthodes opérationnelles, ayant pour conséquence une non-équivalence des paramètres sur toute la période observée. Fréquemment, les données opérationnelles ne sont pas archivées ou ne sont archivées que pour une courte période, par exemple 1 an. À l'heure actuelle, le seul ensemble de données opérationnelles disponible pour analyse est l'ensemble de données NEDN, couvrant la période de 1974-1982. On est en train d'étudier l'utilité de cet ensemble de données dans les analyses climatologiques.

7.9 Données aérologiques

Les données aérologiques ne sont mesurées qu'à très peu d'endroits dans le monde. Elles sont prélevées par plusieurs instruments attachés à un ballon de radiosondage et portent sur la pression atmosphérique, la température de l'air, la température du point de rosée, la vitesse et la direction du vent, à divers niveaux dans l'atmosphère. Cette information est cartographiée toutes les 12 heures, et archivée sur film et dans les ensembles de données des modèles opérationnels.

Les observateurs relevant les données en altitude suivent plusieurs mois de formation; c'est pourquoi, les données devraient toujours être d'excellente qualité. L'observation météorologique est la principale responsabilité des employés du SEA qui font des mesures météorologiques en altitude au Canada.

Les données en altitude n'ont pas une incidence directe sur la sécurité des opérations de forage. Toutefois, elles sont importantes pour

may affect safety, since upper air data are the main input to operational forecast models. Upper air data also provide necessary input to atmospheric icing models.

The upper air network is very sparse, particularly over the ocean areas. This is especially true since the decommissioning of the weatherships. The present upper air network is shown in Figure 2. It is difficult to define the extent and intensity of small-scale systems, or in some cases even to detect them, with the present network density.

Upper air data are well suited to climatological analysis. Long, complete time series exist at many stations, which lead to reliable statistics. However, many of the direct statistics are of little interst to this study.

7.10 Automatic Weather Stations

At present, there are 11 AES automatic land stations of various types located on the Canadian East Coast (Figure 2), mainly concentrated in the south. Petro-Canada has recently operated an additional 3 stations on the north Labrador coast. The basic parameters reported are listed in Table 3. They are either measured or computed from measured geophysical parameters.

Generally, most automatic stations observe on the hour every hour and transmit via a land line. However, if a satellite is used, the timing of the transmission may vary depending upon the type of communication satellite.

The performance of automatic stations has been assessed by co-locating them with an AES weather station manned by trained observers. On the whole, it has been shown that trained observers produce higher quality weather observations.

The automatic stations are inspected two times a year; however, due to their isolated locations they are often difficult to access and service even if problems are detected more frequently.

The World Meteorological Organization (WMO) has recommended that automatic stations be installed on ships. As of January 1984, two such systems have been installed on Canadian vessels operating in east coast waters and there are plans to install a total of eight during 1984.

7.11 Other Data

Other limited data are available from individual research experiments. The data are often of limited use in climatological studies, because they are

l'analyse des caractéristiques météorologiques en surface qui peuvent affecter la sécurité, étant donné que les données en altitude constituent les principales données en entrée pour les modèles opérationnels de prévision. Les données aérologiques constituent également un apport pour les modèles atmosphériques du givrage.

Le réseau aérologique est très peu dense, particulièrement au-dessus de l'océan et depuis la mise hors service de certains navires météorologiques. La figure 2 présente le réseau aérologique actuel. Il est difficile de définir l'ampleur et l'intensité des systèmes à petite échelle, ou dans certains cas même de les détecter, avec la densité actuelle du réseau.

Les données aérologiques s'adaptent bien à l'analyse climatologique. On possède pour plusieurs stations des séries chronologiques complètes et portant sur une longue période, ce qui permet d'établir des statistiques fiables. Toutefois, beaucoup de statistiques directes ne présentent que peu d'intérêt pour cette étude.

7.10 Stations météorologiques automatiques

Actuellement, le SEA possède 11 stations automatiques terrestres de divers types, situées sur la côte Est du Canada (figure 2) et principalement dans le sud. Récemment, Pétro-Canada a mis en service 3 stations supplémentaires sur la côte nord du Labrador. Le tableau 3 répertorie les paramètres de base enregistrés. Ils sont mesurés ou calculés à partir de paramètres géophysiques mesurés.

Généralement, la plupart des stations automatiques font des observations horaires (à l'heure précise) et transmettent leurs données par ligne terrestre. Toutefois, si un satellite est utilisé, le moment de la transmission peut varier selon le type de communication par satellite.

On a évalué le rendement des stations automatiques en les plaçant à proximité de stations météorologiques du SEA, exploitées par des observateurs entraînés. En général, les observateurs formés établissent des observations météorologiques de meilleure qualité.

Les stations automatiques font l'objet d'une inspection bi-annuelle; toutefois, vu leur isolement, il est souvent difficile d'y accéder et d'en faire l'entretien, même si des problèmes sont détectés plus fréquemment.

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) a recommandé l'installation de stations automatiques sur les navires. Depuis janvier 1984, deux de ces systèmes sont installés sur des navires canadiens circulant dans les eaux de la côte Est et on prévoit d'en installer un total de 8 au cours de 1984.

7.11 Autres données

D'autres ensembles de données restreints sont disponibles grâce à des recherches individuelles. Ces données ont fréquemment une utilisation

TABLE/TABLEAU 3
Parameters observed at automatic weather stations
Paramètres observés aux stations météorologiques automatiques

Parameter Paramètre	Observing Method Méthode d'observation	Observation Transmitted Observation transmise
Sky condition (clouds) État du ciel (nuages)	M	coded by range codée selon l'altitude
Visibility Visibilité	M	coded by range codée selon la portée
Air temperature Température de l'air	M	a value valeur
Dew point temperature Température du point de rosée	M	a value valeur
Wind (speed, direction, peak) Vent (vitesse, direction, vitesse maximale)	M	a value valeur
Precipitation (liquid amount) Précipitations (hauteur liquide)	M	a value valeur
Station pressure Pression de station	M	a value valeur

Note:/Remarque :

E — Estimated/Estimation

M — Measured/Mesure

usually site-specific, and may last only a few months. Their main climate application is in the evaluation of other data sets such as ships, land data or hindcasts. The parameters measured, and their quality, vary widely depending on the experiment.

One problem with these data sets is knowing of their existence. There are undoubtedly such small data sets in existence, but they are often not generally known.

Limited sets of buoy data are also available. Some buoy data have been archived by the U.S. National Climatic Center, in Asheville, N.C., for the National Data Buoy Office (NDBO) buoys on the east coast. These buoys are located too far south to be applicable to most Canadian waters. There has been a buoy operating on Georges Bank, however, since 1978.

limitée pour les études climatologiques car elles sont généralement spécifiques à un site et ne portent parfois que sur quelques mois d'observation. Leur principale application climatologique est l'évaluation d'autres ensembles de données, par exemple les données de navires, terrestres ou de prévision à posteriori. Les paramètres mesurés et leur qualité varient fortement selon les expériences.

Un problème posé par ces ensembles de données est le fait de connaître leur existance. Il est indéniable que ces petits ensembles de données existent, mais généralement on en ignore l'existence.

Il existe également des ensembles limités de données prélevées par bouées. Certaines données de bouées ont été archivées par le U.S. National Climatic Center à Asheville (N.C.) pour les données de la côte Est du National Data Buoy Office (NDBO). Ces bouées sont situées trop au sud pour que leurs données s'appliquent à la majeure partie des eaux canadiennes. Toutefois, depuis 1978, une bouée est exploitée sur Georges Bank.

8. PARAMETER DESCRIPTIONS

8.1 Wind

Wind is the most important atmospheric parameter in terms of safety in drilling operations. It is capable of exerting considerable force on structures. Wind is also the primary force in wave and current generation, and in the creation of freezing spray. For this reason, more effort has been devoted to specification of the marine wind field than any other atmospheric parameter.

Due to its importance, wind is reported by almost all marine observing systems. Ships report wind information more frequently than any other parameter except pressure. However, these reports are made under a variety of conditions.. Anemometers are located in widely varying locations on ships, with associated effects of superstructures on wind flow.

Weatherships provide the most reliable source of wind data over the ocean. Winds are measured using standard equipment by experienced observers. Instrumentation is as well sited and maintained as possible, although there are undoubtedly some effects from the ship superstructure. The measurements are made at a reference height of 19.5 m. Weathership data are the accepted standard against which other data sets must be compared. Unfortunately, weathership data are scarce. The wind data cannot be extrapolated far from the observing site, and most weatherships have now been decommissioned. Only Ocean Weather Station "Charlie" remains in near east coast waters. Ocean Weather Station "Bravo" data are available up to 1974.

Wind data from drill rigs are also considered to be of good quality, although not as good as weatherships. The massive superstructure may have significant effects on the airflow in the vicinity. Some rigs have anemometers mounted on 4 corners, and the measurements are taken as the average of the two most exposed locations. Other rigs with more than one anemometer use the value from the most exposed location at that time. This does not guarantee no effect from the structure, since the effects of interference from the superstructure can extend upwind by the height of the structure (Thornthwaite *et al.*, 1965). The heights at which anemometers are frequently installed on rigs to minimize interference from the superstructure (50-100 m), leads to inflated values of the wind speed relative to speeds at 19.5 m, due to the decrease of frictional effects with height. The increase can be about 15% according to Smith

8. DESCRIPTIONS DES PARAMÈTRES

8.1 Vent

Le vent est le paramètre atmosphérique majeur en termes de sécurité lors des opérations de forage. Il est capable d'exercer une force énorme sur les structures. Il s'agit également de la force principale présidant à la création des vagues, des courants et des embruns verglaçants. C'est pourquoi, plus que tout autre paramètre atmosphérique, la définition du champ du vent marin a fait l'objet de recherches.

Vu l'importance du vent, pratiquement tous les systèmes d'observation marine relèvent des données sur ce paramètre. À l'exception de la pression, les messages de navires contiennent bien plus d'informations sur le vent que sur tout autre paramètre. Toutefois, ces messages sont établis dans diverses conditions. Sur les navires, les anémomètres sont placés en de nombreux endroits très différents et leurs mesures peuvent être affectées par les effets qu'ont les superstructures sur le flux de vent.

Les données de navires météorologiques sont les données sur le vent les plus fiables au-dessus de l'océan. Les vents sont mesurés par des observateurs expérimentés, utilisant des dispositifs standard. Les instruments sont placés et entretenus le mieux possible, bien qu'il soit indéniable que leurs relevés soient affectés par la superstructure du navire. Les mesures sont faites à une hauteur de référence de 19,5 m. Les données de navires météorologiques représentent la norme acceptée par rapport à laquelle les autres ensembles de données sont comparés. Malheureusement, les données de navires météorologiques sont rares. Les données sur le vent ne peuvent pas être extrapolées pour les endroits éloignés du site d'observation et la plupart des navires météorologiques ont été mis hors service. Seule une station météorologique océanique, nommée "Charlie", opère encore à proximité des eaux de la côte est. Les données de la station météorologique "Bravo" sont disponibles jusqu'en 1974.

On considère que les données éoliennes provenant des plates-formes de forage sont également de bonne qualité, bien que de moindre qualité que celles des navires météorologiques. La superstructure massive peut avoir une forte influence sur la mesure du flux d'air à proximité de ces plates-formes. Sur certaines plates-formes, il y a des anémomètres aux 4 coins et on calcule la moyenne des mesures relevées aux deux endroits les plus exposés. D'autres plates-formes équipées de plus d'un anémomètre, prennent la valeur à l'endroit le plus exposé au moment de l'observation. Cela ne garantit pas l'élimination des effets de la superstructure sur les mesures puisque l'interférence de cette dernière peut atteindre, du côté au vent, la hauteur de la structure (Thornthwaite et al, 1965). La hauteur à laquelle les anémomètres sont généralement installés sur les plates-formes minimise l'interférence de la

(1981), although it can be more or less depending on the specific conditions, and may be decoupled completely. Calibration of an instrument located on top of a derrick is a difficult, dangerous task, and in fact, is never done.

Wind data from transient ships are of highly variable quality. About 90% of wind reports from these ships are estimates based on the sea state. Even individual wind measurements may be suspect, due to the data quality problems described in Section 7.1. Studies show, however, that, on average, transient ship data do represent the wind field reasonably well (Quayle, 1974).

Land station data are undoubtedly good representations of the wind on land, since the wind measuring equipment, site and observers are of the highest possible quality. However, the measurements are not representative of over-water conditions, due to the increased frictional effects on the airflow caused by the rougher land surface. Studies of wind speed ratios (overwater/overland) for the Great Lakes and the Beaufort Sea show mean ratios of 1.5-1.6 (Phillips and Irbe, 1978; Richards *et al.*, 1966), although considerable variability exists. Swail *et al.* (1983) estimate the ratio of overwater to Sable Island winds to be about 1.25.

As noted in Section 7, hindcast winds are used most frequently in design studies, wave models and other applications, since all other data sets lack the temporal and/or spatial coverage to be widely applicable. As a result, much effort has been expended in wind hindcasting, primarily for the purpose of hindcasting waves. Several hindcast data sets are presently available, including the Geostrophic Wind Climatology (Swail and Saulesleja, 1981), the Waterways Experiment Station hindcast (Corson *et al.*, 1982) and the Spectral Ocean Wave Model hindcast (Cummins and Bales, 1980). Other, proprietary, hindcasts have also been undertaken.

Satellites may provide important information on the distribution of winds over the ocean by the end of this decade. The SEASAT-A satellite demonstrated the capability to estimate wind direction to within 16 degrees and wind speed to

superstructure (50-100 m) et entraîne le gonflement des valeurs de la vitesse du vent par rapport à la vitesse mesurée à 19,5 m, étant donné que les forces de frottement diminuent avec l'altitude. L'accroissement peut être d'environ 15% selon Smith (1981), bien qu'il varie selon les conditions et puisse même être décuplé. Il est difficile d'étalonner un instrument installé au-dessus d'une tour de forage et il s'agit d'une tâche dangereuse que l'on n'effectue en fait jamais.

La qualité des données sur le vent, prélevées par des navires de passage est très variable. Près de 90% des messages sur le vent, émis par ces navires, sont des estimations basées sur l'état de la mer. Même les mesures individuelles du vent sont suspectes, vu les problèmes de qualité des données décrits à la section 7.1. Toutefois, les études entreprises sur les données de navires de passage démontrent qu'en moyenne elles représentent assez bien le champ du vent (Quayle, 1974).

Les données de stations terrestres donnent sans aucun doute de bonnes représentations du vent sur terre, étant donné que l'équipement de mesure du vent, le site et les observateurs sont choisis pour obtenir la plus haute qualité possible. Toutefois les mesures ne sont pas représentatives des conditions au-dessus de l'eau étant donné que la surface terrestre plus rugueuse augmente le frottement sur le flux d'air. Des études sur le rapport de la vitesse du vent (au-dessus de l'eau/au-dessus des terres) pour les Grands Lacs et la Mer de Beaufort donnent comme résultat un rapport moyen de 1,5 à 1,6 (Philips et Irbe, 1978; Richards et al, 1966); toutefois ce rapport peut varier fortement. Swail et al (1983) estiment que le rapport des vents au-dessus de l'eau par rapport à l'île de Sable est d'environ 1,25.

Comme précisé à la section 7, les données de prévision à posteriori des vents sont surtout utilisées pour les études de conception, pour les modèles des vagues et pour d'autres applications, étant donné que les autres ensembles de données n'ont pas la couverture temporelle et/ou spatiale requise pour être applicables généralement. Par conséquent, on s'est surtout attaché à la prévision à posteriori du vent, principalement pour établir les données rétrospectives sur les vagues. Plusieurs ensembles de données rétrospectives existent maintenant; citons entre autres la climatologie géostrophique du vent (Swail et Saulesleja, 1981), les prévisions à posteriori établies à partir des données de la station expérimentale des voies navigables (Corson et al, 1982) et les prévisions à posteriori à partir des données du modèle spectral des vagues océaniques (Cummins et Bales, 1981). D'autres ensembles de données de prévision à posteriori ont encore été établis, mais ils sont privés.

D'ici la fin de cette décennie, les satellites permettront peut-être également d'obtenir d'importantes données sur la répartition des vents au-dessus de l'océan. Le satellite SEASAT-A a démontré sa capacité d'estimer la direction du vent

1.6 m/s (Jones *et al.*, 1982). This source of data would be particularly useful in evaluating hindcast models and providing real-time and climate data in presently data-sparse areas. Real time information would also improve the data base upon which hindcasts are based, ie. the surface weather chart.

The specification of an accurate marine wind is a major concern. However, other concerns need to be addressed as well, relating to the analysis of wind data. Basic disagreements exist on such subjects as averaging period, reference height and extreme value analysis techniques. Considerable uncertainty also exists regarding the variation of the wind with height, effects of structures and waves on the airflow, and wind gusts over the ocean.

8.1.1 Averaging Period

Most marine winds are observed according to the MANMAR guidelines, or equivalent, which specify that winds should be one minute mean values. However, recent World Meteorological Organization (WMO) recommendations advise 10 minute mean values. This is carried out at some rigs. Estimated winds from ships are assumed to represent a 1 hour mean wind, ie. the average speed for the whole preceding hour (MANMAR, 1982).

At land stations, winds are to be observed for 10 minutes for the 3-hourly observations, and for 1 minute for the hourly observations. Some land stations measure 1 hour means (wind mileage). The 1 and 10 minute means represent the average wind speed for the 1 or 10 minute period on the hour of the observation.

In reality, most measurements are probably made over a shorter interval, averaging the highest and lowest values.

Hindcast winds have no averaging period associated, since they represent instantaneous values of the pressure gradient field.

It is not certain what averaging period is desirable for marine applications. One minute means have been the standard for years. The WMO has recommended the adoption of 10 minute means. Other investigators (Pierson, 1981a, 1981b) suggest that longer means are more appropriate. Designers may prefer a number which is the highest one minute average in an hour. This number is not available from the observed data however, unless it

à 16° près et la vitesse du vent à 1,6 m/s près (Jones et al, 1982). Cette source de données sera extrêmement utile pour évaluer les modèles de prévision à posteriori et pour établir des données climatologiques et en temps réel pour les zones où actuellement l'on ne possède que peu de données. Les données en temps réel permettront également d'améliorer la base de données sur laquelle on établit les prévisions à posteriori, c.-à-d. les cartes météorologiques en surface.

La description précise d'un champ de vent marin est extrêmement importante. Toutefois, il faut également se pencher sur d'autres problèmes connexes à l'analyse des données sur le vent. Des désaccords fondamentaux existent sur des points comme la période moyenne, la hauteur de référence et les techniques d'analyse de la valeur extrême. On connaît également extrêmement mal la variation du vent avec l'altitude, les effets des structures et des vagues sur le flux d'air, et les rafales de vent au-dessus de l'océan.

8.1.1 Période moyenne

La plupart des données sur le vent marin sont relevées selon les directives de MANMAR ou selon des directives équivalentes, précisant que les données sur le vent doivent être des moyennes sur une minute. Toutefois, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a récemment fait des recommandations conseillant de prendre la valeur moyenne sur 10 minutes, ce que font certaines plates-formes de forage. On prend comme hypothèse que les données estimées par les navires sont des moyennes sur une heure, c.-à-d., la vitesse moyenne durant toute l'heure précédant l'observation (MANMAR, 1982).

À certaines stations terrestres, les vents doivent être observés sur 10 minutes pour les observations faites toutes les 3 heures, et sur 1 minute pour les observations horaires. Certaines stations terrestres mesurent les moyennes sur une heure (millage du vent). Les moyennes sur 1 et 10 minutes représentent la vitesse moyenne du vent pour des périodes de 1 ou 10 minutes, à l'heure d'observation.

En réalité, la plupart des mesures se font sans doute sur un plus court intervalle, et on prend ensuite la moyenne entre la valeur la plus haute et la plus basse.

Les données rétrospectives sur le vent n'ont pas de période moyenne associée étant donné qu'elles représentent les valeure instantanées du champ du gradient barométrique.

On ignore quelle période moyenne est préférable pour les applications maritimes. Des moyennes sur 1 minute ont représenté la norme pour plusieurs années. L'OMM a recommandé l'adoption de moyennes sur 10 minutes. D'autres chercheurs (Pierson, 1981a, 1981b) suggèrent que les moyennes sur des périodes plus longues sont plus appropriées. Les personnes chargées de la conception préfèrent parfois un nombre

was continuously recorded. It can otherwise only be obtained from empirical relationships with the one minute mean taken at the hour. Since data derived over several averaging periods exist, techniques are needed to interrelate the speeds. Dobson (1981) discusses averaging period in considerable detail.

8.1.2 Reference Height

A commonly accepted reference height for winds over the ocean is 19.5 m. Over land, 10 m is the accepted standard. Relatively few wind observations are actually made at 19.5 m, other than a few weatherships. Most ships' anemometers are located between 15-25 m (Cardone, 1969), but rig measurements are made at a wide variety of elevations, ranging from about 50-100 m above the sea surface. Even on the same ship, the height can vary due to the loading of the ship. With rigs, the height can vary depending on whether the rig is at drilling or survival draft.

Hindcast data have no associated reference height, but are empirically adjusted through boundary layer models to supposedly represent 19.5 m. Satellite data are similarly "calibrated" to that height.

The adjustment of all these data sets is an empirical process which assumes an average vertical wind profile based on the wind speed and the stability. Individual profiles can vary considerably from the average, giving rise to considerable uncertainty in the wind estimates. Profiles are generally assumed to be logarithmic or power law reductions with decreasing height, but in certain instances the surface (ie. 19.5 m) wind may actually exceed the wind aloft. Dobson (1981) and Smith (1981) describe vertical wind profiles and reduction techniques.

8.1.3 Extreme Value Analysis

Extreme value analysis is applied to wind data sets to produce design information such as the 100-year return period wind speed, ie. the wind speed which can be expected to occur, on average, once in a hundred years. Several statistical techniques are frequently used to produce this information, including extrapolation of log-normal distributions and the methods of Gumbel and Weibull. Gumbel

représentant la plus haute moyenne sur 1 minute, en 1 heure. Toutefois, cette valeur n'est pas disponible à partir des données d'observation, sauf si l'enregistrment se fait en continu. On peut également l'obtenir à partir de relations empiriques, grâce aux moyennes sur 1 minute prises chaque heure. Étant donné qu'il existe des données calculées sur plusieurs périodes moyennes, il faut établir des techniques pour mettre en corrélation les diverses vitesses. Dobson (1981) discute de façon extrêmement approfondie la question des périodes moyennes.

8.1.2 Hauteur de référence

Pour les vents au-dessus de l'océan, on prend généralement 19,5 m comme hauteur de référence. Sur terre, la norme acceptée est 10 m. Relativement peu d'observations sur le vent sont en fait réalisées à 19,5 m, si ce n'est celles des navires météorologiques. La plupart des anémomètres de navires sont installés entre 15 et 25 m (Cardone, 1969), mais les mesures de plates-formes s'effectuent à des hauteurs, pouvant varier de 50 à 100 m au-dessus de la surface de la mer. Sur un même navire, la hauteur peut également varier à cause du chargement du navire. Avec les plates-formes, la hauteur peut varier selon que la plate-forme est en position de forage ou en position sécuritaire.

Il n'existe pas de hauteur de référence associée aux données rétrospectives mais les données sont ajustées empiriquement grâce à des modèles de la couche limite pour correspondre à 19,5 m. Les données satellitaires sont semblablement "étalonnées" à cette hauteur.

L'ajustement de tous ces ensembles de données se fait par un processus empirique qui se base sur un profil vertical du vent moyen, établi à partir de la stabilité et de la vitesse du vent. Les profils individuels peuvent être nettement différents du profil moyen, ce qui entraîne de grandes imprécisions dans les estimations du vent. On présuppose généralement une réduction logarythmique, ou selon la loi de puissance, des profils en fonction d'une diminution de l'altitude; pourtant, il arrive que le vent en surface (c.-à-d. à 19,5 m) soit en fait plus fort que le vent en altitude. Dobson (1981) et Smith (1981) donnent une description des profils verticaux du vent et des techniques de réduction.

8.1.3 Analyse de la valeur extrême

L'analyse de la valeur extrême est appliqué aux ensembles de données sur le vent afin d'établir des données de calcul, par exemple la vitesse du vent sur une période de retour de 100 ans, c.-à-d., la vitesse du vent qu'il est probable d'enregistrer en moyenne 1 fois tous les 100 ans. Plusieurs techniques statistiques sont fréquemment utilisées pour obtenir ces données, notamment l'extrapolation des répartitions log-normales et les

techniques are most commonly applied for wind speed extremes.

In order to produce reliable design statistics, two elements are essential. First, a representative data set for overwater winds must be obtained, and proper statistical sampling techniques must be used. A long time series of data at a single location is necessary for extreme value analysis. For example, a 25 year data base would be necessary to reliably estimate the 100-year wind (Hazen, 1930). All extreme value analysis should show the statistical confidence limits associated.

Hindcast data are well-suited to extreme value analysis, as are land station and weathership data. Rig data cover too short a period in total, let alone for a specific site. Transient ship data do not provide a time series at one location. Consequently, hindcast data are used for almost all extreme value analysis.

Hindcast winds will not detect winds caused by local effects and thus are inadequate if used exclusively for extreme value analysis. This is particularly important for areas such as the Davis Strait/Baffin Bay coastal zone.

Sampling techniques can be of two main types. One technique is to abstract the maximum wind speed for each year of record and to use this data subset for analysis. A second technique is to abstract all wind speeds greater than a selected threshold (for example 60 knots) over the period of record and compute the frequencies with which storms of certain speeds occur. For long periods of record, the two techniques should provide similar results.

Certain constraints must be imposed on sampling. All storms must be independent. Thus a wind speed of 60 knots on one day and 70 knots on the following day qualify only as one event. Also, if extreme winds are the object of the study, the storm sample must be based on extreme wind conditions and not on extreme wave conditions, as is frequently done. The two data sets will undoubtedly overlap, but will not be identical. Local effects may produce strong winds, eg. katabatic winds, which will not generate high waves.

méthodes de Gumbel et Weibull. Les techniques de Gumbel sont celles le plus fréquemment utilisées pour calculer les extrêmes de la vitesse du vent.

Afin d'établir des statistiques de calcul fiables, deux éléments sont essentiels. Tout d'abord, il faut obtenir un ensemble de données représentatives pour les vents au-dessus de l'eau et, secondement il faut utiliser des techniques statistiques d'échantillonnage adéquates. Il faut posséder une série chronologique de données couvrant une longue période, à un endroit unique, pour procéder à l'analyse de la valeur extrême. Par exemple, une base de données sur 25 ans est requise pour estimer de façon fiable le vent sur une période de 100 ans (Hazen, 1930). Toutes les analyses de la valeur extrême devraient présenter les limites statistiques de confiance correspondantes.

Les données rétrospectives s'adaptent bien à l'analyse de la valeur extrême, de même que les données de stations terrestres et de navires météorologiques. Les données de plates-formes couvrent une période trop courte au total, et ne s'appliquent qu'à un site spécifique. Les données de navires de passage ne fournissent pas de séries chronologiques pour un endroit spécifique. Par conséquent, ce sont les données rétrospectives qui servent pour pratiquement toutes les analyses de la valeur extrême.

Les données de prévision du vent a posteriori ne détectent pas les vents créés par des effets locaux et sont donc inadéquates si on les utilise exclusivement pour l'analyse de la valeur extrême. Ce facteur est extrêmement important pour les régions telles que la zone côtière du Détroit de Davis et la Baie de Baffin.

Les techniques d'échantillonnage peuvent être de deux types. Une des techniques consiste à extraire les données maximales de vitesse du vent pour chaque année de relevé et à utiliser ce sous-ensemble de données pour l'analyse. Une seconde technique consiste à extraire toutes les données sur la vitesse du vent, supérieures à un seuil donné (par exemple 60 noeuds) et enregistrées durant la période de relevé, et à calculer les fréquences d'occurrence des tempêtes ayant une certaine force. Pour les relevés portant sur de longues périodes, les deux techniques devraient fournir des résultats semblables.

Certaines restrictions doivent être imposées à l'échantillonnage. Toutes les tempêtes doivent être indépendantes. C'est-à-dire qu'un vent de 60 noeuds un jour et de 70 noeuds le jour suivant ne constitue qu'un seul évènement. De plus, si les vents extrêmes constituent l'objet de l'étude, l'échantillonnage de la tempête doit se faire en fonction de conditions de vents extrêmes et non de conditions de vagues extrêmes, comme c'est fréquemment le cas. Les deux ensembles de données se recouvreront sans aucun doute, mais ne seront pas identiques. Les effets locaux peuvent produire des vents forts, par exemple des vents catabatiques ne créant pas de hautes vagues.

The magnitude of the problem of differing extreme value techniques for wind speed is shown by the fact that 100-year wind speed estimates for the Grand Banks range from 60 to 140 knots. Existing data bases are totally inadequate for determining design winds in most east coast areas.

Recent reviews of extreme value analysis have been produced by LeBlond (1981) and Readshaw and Baird (1981).

8.1.4 Wind Variability

Variations in the wind field, both temporal and spatial, are poorly understood over the ocean. Some experimental work has been done on the variation of the wind with height, eg. Smith (1981). However, the results produced give average vertical wind profiles. The profile for any given situation can differ significantly from average.

A literature review of wind gusts was produced by Mortsch (1983) which showed primarily how little work has been done on gusts over the ocean, and the variability of results obtained. There are very few quality data sets available for study of short duration winds. Wind gusts are never reported in marine observations, and information on gusts is available only from land stations and a few limited experimental data sets. It would be useful to establish reliable, empirical relationships between gust speeds of various durations, and between the gust speeds and the mean wind speeds.

Little or no work has been done on the very complex effects of the wave field on the wind field. Accepted boundary layer theory will be invalidated near the surface in the presence of large waves. Limited work has been done on the effect of the rig structure on the airflow. Since rig measurements are widely used as "surface truth", it is important to know quantitatively the range of effects the structure has on the airflow. This could be accomplished by measuring the winds at several distances upwind from the rig, while also measuring the wind profile.

8.2 Icing

Ship observations form the main body of data relating to icing in the marine environment. Ice accretion can be reported in two places in the marine report, either in the "present weather" code, or in the ice accretion group. The ice accretion group contains information on the cause of the icing, the amount of ice accreted, and the rate at which ice is building up. Prior to 1982, the ice

L'ampleur du problème posé par une modification des techniques d'analyse de la valeur extrême de la vitesse du vent est prouvée par le fait que les estimations de la vitesse du vent sur 100 ans pour les Grands Bancs vont de 60 à 140 noeuds. Les bases de données existantes sont tout à fait inadéquates pour déterminer les vents de projet dans la plupart des zones de la côte Est.

LeBlond (1981), et Readshaw et Baird (1981) ont effectué récemment des études de l'analyse de la valeur extrême.

8.1.4 Variabilité du vent

La variation dans le champ du vent au-dessus de l'océan, à la fois temporelle et spatiale, est très mal connue. Certains travaux expérimentaux ont été réalisés pour étudier la variation du vent en fonction de l'altitude (p. ex. Smith (1981)). Toutefois, les résultats produits donnent des profils verticaux moyens du vent. Le profil dans un cas donné peut différer fortement de la moyenne.

Mortsch (1983) a fait une étude bibliographique des rafales de vent, étude ayant révélé surtout le peu de travaux entrepris pour l'étude des rafales au-dessus de l'océan et la variabilité des résultats obtenus. Il existe très peu d'ensembles de données de qualité disponibles pour l'étude des vents de courte durée. Les rafales de vent ne sont jamais signalées dans les observations maritimes et les données sur les rafales ne sont disponibles que dans les ensembles de données des stations terrestres et dans quelques ensembles expérimentaux restreints. Il serait utile d'établir des relations fiables et empiriques entre les vitesses des rafales de diverses durées et entre les vitesses de rafales et les vitesses moyennes du vent.

Peu de travaux, pour ne pas dire aucun, ont été réalisés pour l'étude des effets très complexes du champ de vagues sur le champ du vent. La théorie acceptée sur la couche limite sera infirmée à proximité de la surface, en cas de grosses vagues. Les quelques travaux réalisés ont porté sur l'effet de la structure des plates-formes sur le flux d'air. Comme les mesures de plates-formes sont souvent utilisées comme "données de vérification en surface", il est important de connaître l'ampleur quantitative des effets de la structure sur le flux d'air. Cette étude pourrait se faire en mesurant le vent à diverses distances, en allant contre le vent à partir de la plate-forme, tout en mesurant aussi le profil du vent.

8.2 Givrage

Les observations de navires constituent la principale source de données sur le givrage en milieu marin. Le givrage est enregistré en deux endroits dans le rapport maritime, sous le code "temps présent" ou sous le groupe "givrage". Le groupe "givrage" contient des informations sur la cause du givrage, sur la quantité de glace accumulée, et sur la vitesse d'accumulation de la

accretion group was not a part of the Canadian digital archive. Canadian ship information for ice accretion is found only in the original records or the information in the "present weather" group before 1982.

For land stations, the only information on ice accretion is in the "present weather" code. The information there contained is insufficient for ice accretion studies.

Other small, experimental data sets exist, but their applicability is somewhat limited, usually being specific to ship type.

Minsk (1977) has done a good review of icing data sources and techniques, and reported that no reliable equipment is available to measure ice accretion rates under all conditions. The U.S. National Weather Service has considered including direct measurement of ice accretion in an automatic weather sensing instrument (Minsk, 1980).

Icing in the marine environment can be caused by freezing spray, freezing precipitation or rime or clear ice. The following paragraphs describe each of the three main types of icing.

8.2.1 Freezing Spray

Freezing spray is the most dangerous source of icing, accounting for 89% of ship icing cases (Borisenkov and Panov, 1972). Combinations of spray and precipitation accounted for a further 8%.

Because of the lack of observed data on freezing spray, most climatologies and design studies are based on hindcasts of "freezing spray potential", using one of several empirical techniques. These models relate atmospheric and oceanographic parameters to icing rates. Some models use only wind speed and air temperature. Other models also include sea surface temperature, wave height and salinity. Icing rates are usually given in classes of light, moderate, heavy or severe, since the actual rate of icing depends on the course, speed and structural characteristics of the ship.

According to Minsk (1977), freezing spray rarely extends more than 15 m above the peak water level. There has been little study of ice accretion on drillrigs to verify or disprove this.

Actual measurements of ship and rig icing are extremely important to validate model output and to modify icing algorithms if necessary. It is extremely important that the icing report be completed by

glace. Avant 1982, le groupe de données sur le givrage ne faisait pas partie des archives numériques canadiennes. Les informations de navires canadiens sur le givrage ne se trouvent que dans les relevés originaux ou dans le groupe de données sur le "temps présent", avant 1982.

Pour les stations terrestres, les seules données sur le givrage sont contenues dans le code "temps présent". Ces données sont insuffisantes pour les études du givrage.

D'autres petits ensembles de données expérimentaux existent, mais leur applicabilité est quelque peu restreinte, et ils portent généralement sur un type de navire spécifique.

Minsk (1977) a fait une bonne étude des sources de données sur le givrage et des techniques de mesure du givrage; ces résultats révèlent qu'il n'existe aucun équipement fiable disponible pour mesurer la vitesse du givrage et ce quelles que soient les conditions. Le U.S. National Weather Service envisage d'inclure une mesure directe du givrage aux mesures prises par un instrument météorologique automatique (Minsk 1980).

Le givrage en milieu marin peut être provoqué par des embruns ou des précipitations verglaçantes ou encore par le givre ou le verglas. Les paragraphes qui suivent décrivent chacun des trois principaux types de givrage.

8.2.1 Embruns verglaçants

Les embruns verglaçants constituent la source la plus dangereuse de givrage, représentant 89% des cas de givrage de navires (Borisenkov et Panov, 1972). La présence conjointe d'embruns et de précipitations représente 8% supplémentaire.

Vu le peu de données d'observation sur les embruns verglaçants, la plupart des climatologies et études de conception sont fondées sur les prévisions a posteriori du "potentiel d'occurrence des embruns verglaçants", à l'aide d'une des nombreuses techniques empiriques. Ces modèles établissent un rapport entre les paramètres atmosphériques et océanographiques, et les vitesses de givrage. Certains modèles ne se basent que sur la vitesse du vent et la température de l'air. D'autres modèles incluent aussi la température de la mer en surface, la hauteur des vagues et la salinité. Le taux de givrage est généralement donné selon une classe, faible, modérée, rapide ou sérieuse étant donné que la vitesse actuelle de givrage dépend de la route, de la vitesse et des caractéristiques structurales du navire.

Selon Minsk (1977), il est rare que les embruns verglaçants s'élèvent à plus de 15 m au-dessus du niveau maximal de l'eau. Peu d'études ont été réalisées sur le givrage des plates-formes de forage pour vérifier ou infirmer cette théorie.

Les mesures réelles du givrage, effectuées à bord de navires ou de plates-formes, sont extrêmement importantes pour valider les résultats du modèle et modifier les algorythmes du givrage au

drillrigs and support vessels, and by ships-of-opportunity as well.

8.2.2 Freezing Precipitation

Freezing precipitation is usually considered to be drizzle or rain, but snow is sometimes included.

At sea, freezing precipitation is reported in the ice accretion group, or in the "present weather" code as light, or moderate or heavy, based on a visual determination of the rate of fall. There is difficulty differentiating between freezing spray and freezing rain, especially at night.

Measurements of liquid precipitation amount are not routinely made, even at rigs, and are not included in the formal archive. Measurement of freezing precipitation is more difficult. Freezing precipitation may be mixed in, high winds may reduce the catch efficiency of the gauge by 50%, and the ice in the gauge must be melted to measure the equivalent rainfall rate.

Numerous studies have been done relating rate of precipitation to horizontal and vertical ice accumulations, for example, Chaîné and Skeates (1974). These studies were done mostly over land; their applicability to overwater areas in unknown. However, they have produced design values for Sable Island which should be applicable to the Scotian shelf.

Freezing rain or drizzle is less likely, though not necessarily less severe, over water than over land, since the conditions for development of supercooled rain and for a freezing surface are less common. However, Minsk (1977) estimates that accumulations of 5 cm can reasonably be expected in a storm.

8.2.3 Rime or Clear Icing

Rime or clear ice is caused by super-cooled water droplets solidifying into ice on contact with objects at below freezing temperatures. No reliable quantitative data have been reported on atmospheric icing over large bodies of water (Minsk, 1977). Some experimental data have been collected for continental locations. Few measurements have been made on the distribution of icing with height. The results of a study by Glukhov (1972) in Minsk (1977), on ice accretion on a 300 m tower in the U.S.S.R., are widely used.

besoin. Il est extrêmement important qu'il soit fait état du givrage par le personnel des plates-formes de forage, des ravitailleurs, et des navires de passage.

8.2.2 Précipitations verglaçantes

En général, on considère les précipitations verglaçantes comme étant de la bruine ou de la pluie, mais de temps en temps on y inclut la neige.

En mer, les précipitations verglaçantes sont enregistrées dans le groupe "givrage" ou sous le code "temps présent", en tant que légères, modérées ou importantes, selon la détermination visuelle de l'intensité des précipitations. Il est difficile de différencier les embruns verglaçants des pluies verglaçantes, surtout durant la nuit.

On ne mesure pas de façon systématique la hauteur des précipitations liquides, même sur les plates-formes, et ces données ne sont pas comprises dans les archives formelles. Il est plus difficile de mesurer la hauteur des précipitations verglaçantes. En effet, les précipitations solides peuvent être mélangées, les vents forts peuvent réduire de 50% l'efficacité de la jauge, et il faut faire fondre la glace dans le pluviomètre pour mesurer l'intensité équivalente en pluie.

De nombreuses études ont été faites pour établir le rapport entre l'intensité des précipitations et les accumulations horizontales et verticales des glaces (p. ex. par Chaîné et Skeates (1974)). Ces études sont principalement faites sur terre, et on ignore leur applicabilité aux zones maritimes. Toutefois, ces études ont fourni des valeurs de calcul pour l'île de Sable et ces valeurs devraient être applicables à la plate-forme continentale de Scotian.

Comme les conditions propices à la formation de pluie surfondue ou de congélation d'une surface sont plus rares en mer que sur terre, on enregistrera plus rarement des pluies ou de la bruine verglaçantes (bien que le danger n'en soit pas moins élevé) au-dessus de l'eau qu'au-dessus des terres. Toutefois, Minsk (1977) estime que l'on peut s'attendre raisonnablement à des accumulations de 5 cm lors d'une tempête.

8.2.3 Givre ou verglas

Le givre ou le verglas sont provoqués par des gouttes d'eau surfondues se solidifiant au contact d'objets dont la température est inférieure au point de congélation. Aucune donnée quantitative fiable n'a été enregistrée sur le givrage atmosphérique au-dessus de grandes étendues d'eau (Minsk, 1977). Certaines données expérimentales ont été recueillies pour des lieux continentaux. Peu de mesures ont été faites sur la répartition du givrage en fonction de l'altitude. On utilise beaucoup les résultats d'une étude entreprise par Glukhov (1972) et Minsk (1977) sur le givrage d'une tour de 300 m, en URSS.

Most estimates of rime and clear icing have been made from calculation of the liquid water content of the air, based on temperature and humidity data. Empirical relationships relating atmospheric parameters to liquid water content, and liquid water content to icing rate, have been developed over land. Although liquid water content of the super-cooled cloud varies within narrow limits regardless of location, it is still risky to infer maritime icing from continental data. Other factors including wind speed and drop size distribution also play a role in rime and clear icing. Minsk (1977), for example, recommends doubling the measured overland values for marine areas.

8.3 Visibility

Visibility is, by definition, a visually estimated parameter. Visibility in meteorological reference is the prevailing visibility, which is the highest visibility common to more than half the azimuthal circle. It is estimated by referring to markers at specific distances from the observing site. Because most land stations have numerous reference points, visibility information is quite reliable, although estimates at night are more difficult.

There are few markers available for most ship observations, other than the ship itself. Waves are frequently used as indicators. Estimates from large ships in low visibility are apt to be better than estimates from small ships. Only visibilities less than about 1 mile are important in the present context; one-half mile is critical for helicopter operations.

Observations from rigs may be more reliable due to the large size of the rig, which may also have special visibility markers attached. It is reported (MacLaren Plansearch, 1981) that in low visibility the supply vessel attendant to a rig may jockey its position to the limit of visibility from the rig and report the distance indicated by the radar. Visibility estimates at night are very difficult from rigs due to the constant bright lights.

Instruments exist which, while they cannot measure visibility, measure the optical transmissivity of the air. The transmissivity can then be related empirically to the visibility. Transmissometers are common at airport locations, but the data are not part of the archived record.

La plupart des estimations sur le givre ou le verglas ont été faites à partir de calculs de la teneur en eau liquide de l'atmosphère, grâce aux données sur la température et l'humidité. Des relations empiriques établissant le rapport entre les paramètres atmosphériques et la teneur en eau liquide d'une part, et entre la teneur en eau liquide et le taux de givrage d'autre part, ont été mises au point pour des stations terrestres. Bien que la teneur en eau liquide d'un nuage d'eau surfondue ne varie que très peu, quelle que soit sa localisation, l'estimation du givrage marin à partir de données continentales comporte encore certains risques. D'autres facteurs, notamment la vitesse du vent et la répartition des gouttelettes en fonction de leurs dimensions, jouent également un rôle dans la formation du givre et du verglas. Minsk (1977) recommande par exemple de doubler les valeurs mesurées sur terre pour les adapter aux zones marines.

8.3 Visibilité

Par définition, la visibilité est un paramètre estimé visuellement. En météorologie, la visibilité est la visibilité dominante, c'est à dire correspondant à la visibilité maximale commune à plus d'un demi-cercle azimutal. On estime la visibilité en se référant aux repères placés à des distances spécifiques du site d'observation. Puisque la plupart des stations terrestres ont de nombreux points de référence, les données sur la visibilité sont relativement fiables, bien que les estimations durant la nuit soient plus difficiles à faire.

À part le navire lui-même, il y a peu de repères disponibles pour la plupart des observations de navires. Les vagues servent souvent de repères. En cas de faible visibilité, les estimations établies par les grands navires ont tendance à être meilleures que celles établies par les petits navires. Seules les cas de visibilité inférieure à 1 mille sont importants dans le contexte qui nous intéresse; une visibilité d'un demi mille est dangereuse pour les opérations d'hélicoptères.

Les observations prises à bord de plates-formes peuvent être plus fiables, étant donné la taille importante de la plate-forme à laquelle on peut attacher des repères spéciaux de visibilité. McLaren Plansearch (1981) signale qu'en cas de faible visibilité le ravitailleur adjoint à une plate-forme peut se déplacer jusqu'à la limite de visibilité à partir de la plate-forme et relever la distance indiquée par radar. Vu la présence constante de lumière vive, les estimations de la visibilité durant la nuit sont très difficiles à faire à partir de plates-formes.

Il existe des instruments qui, bien qu'ils ne mesurent pas la visibilité, mesurent la transmission optique de l'air. Ce facteur de transmission peut être lié empiriquement à la visibilité. On installe souvent des transmissiomètres dans les aéroports, mais les données enregistrées par ces instruments ne font

Transmissometers are included in automatic weather stations.

In good weather, visibility is usually quite uniform over large areas. However, with precipitation or fog present, the visibility may vary considerably. With precipitation, particularly snow, the visibility may be reduced substantially over small areas. This is due to the showery nature of precipitation over the ocean. Low visibility due to precipitation does not generally persist for long periods. The occurrence of low visibility due to precipitation can usually be expected to occur with similar frequency over a large area. However, the occurrence of fog is closely tied to the sea surface temperature, and thus may vary considerably in space, and show preferred locations.

8.4 Cloud

Two aspects of clouds are particularly significant in marine climatology, the total cloud amount and the ceiling height (ie. the altitude at which the total cloud opacity is at least five-eighths).

The cloud amount is of minimal importance to safety in drilling operations, except as it relates to atmospheric icing. It is universally observed visually and, during the daytime at least, is one of the highest quality observations. At night, cloud cover can be very difficult to detect, especially on oil rigs with the constant glare of very bright lights.

Cloud heights are more difficult to observe. Heights may be estimated, or measured by aircraft, balloon or ceilometer. Ceilometers are used at many land stations; ships and rigs are not so equipped. Balloon measurements from rigs are not always reliable, since improper filling techniques and launching procedures are frequently used. Only low cloud ceilings are important in the context of this report, ie. below about 500 feet. Since the top of the derrick is usually 70-100 m (230-330 ft) above the ocean level, reasonable estimates to this height should be possible.

Automatic stations and satellites have the capability to determine cloud amount and height, although the satellite systems to determine cloud bases are still developmental. Some automatic stations have ceilometers, light systems which measure the altitude of the cloud base.

pas partie des relevés archivés. Les stations météorologiques automatiques sont équipées de transmissiomètres.

Par beau temps, la visibilité est généralement relativement uniforme sur une grande étendue. Toutefois, en temps de précipitations ou de brouillard, la visibilité peut varier considérablement. Lors de précipitations, particulièrement de précipitations nivales, la visibilité peut être fortement réduite sur de petits secteurs. Ce phénomène est surtout dû à la nature des précipitations au-dessus de l'océan qui sont principalement des précipitations d'averses. Généralement, une faible visibilité due à des précipitations est de courte durée. En général, on peut s'attendre à ce que l'occurrence d'une faible visibilité due à des précipitations se présente à la même fréquence au-dessus d'un grand secteur. Toutefois, l'occurrence de brouillard est fortement liée à la température de la mer en surface et peut donc varier considérablement dans l'espace et avoir des endroits préférentiels.

8.4 Nuage

Deux caractéristiques des nuages ont une importance particulière en climatologie maritime, à savoir la nébulosité totale et la hauteur de plafond (c.-à-d. l'altitude à laquelle l'opacité totale atteint cinq-huitième au minimum).

La nébulosité n'a qu'une importance minime en termes de sécurité pour les opérations de forage, si ce n'est dans la mesure où elle est liée au givrage atmosphérique. Partout dans le monde, on mesure la nébulosité et, ne fusse que durant la journée, il s'agit d'une des observations de la plus haute qualité. Durant la nuit, la couverture nuageuse peut être très difficile à détecter, particulièrement au-dessus des plates-formes de forage vu le rayonnement constant de lumière éblouissante.

La hauteur des nuages est plus difficile à mesurer. On peut l'estimer ou la mesurer grâce à des aéronefs, des ballons ou des célomètres. Ces derniers sont utilisés à plusieurs stations terrestres mais les navires et plates-formes ne sont pas aussi bien équipés. Les mesures prises par ballons lancés à partir des plates-formes ne sont pas toujours fiables, vu que fréquemment les techniques de remplissage et les procédures de lancement sont inadéquates. Dans le cadre de ce rapport, seuls les nuages à plafond bas sont importants, c.-à-d. ceux se trouvant à moins de 500 pieds. Comme le sommet de la tour de forage se trouve généralement de 70 à 100 m (230 à 330 pieds) au-dessus du niveau de l'océan, les estimations raisonnables à cette hauteur devraient être possibles.

Les stations automatiques et les satellites ont la capacité de déterminer la nébulosité et la hauteur du plafond, bien que les satellites pouvant déterminer la base des nuages soient encore expérimentaux. Certaines stations automatiques sont équipées de célomètres, instrument léger mesurant l'altitude de la base des nuages.

Most cloud ceilings in good weather are uniform over a large area. Therefore, a limited amount of data spatially is not critical. Exceptions apply in the vicinity of atmospheric discontinuities such as fronts. Also, the critical low ceilings due to fog or precipitation vary considerably in space, due to the showery nature of precipitation and the dependence of fog on the underlying sea surface temperature. Snow showers usually can be expected to occur with similar frequency over a large area. Fog, however, tends to have preferred locations.

8.5 Rainfall

Rainfall observations at sea are mostly visual estimates, categorized as light, moderate or heavy. They are reported and archived in the "present weather" code of the marine reporting system (MANMAR). A few drillrigs have recently begun to measure 6-hour rainfall amounts; however, these observations are not included in the digital archive. The data produced, although the best presently available, are also of questionable quality, due to the difficulty in finding an unobstructed location for the gauge. There is very little information on the short duration, high rainfall rates, which are likely to affect drainage and radio transmission. Instrumentation probably will not provide reliable estimates due to siting problems and the motion of the rig (Austin and Geotis, 1980).

Some coastal and island stations, including Sable Island, have instrumentation to measure average rainfall rates for periods as short as 1 minute. The tipping bucket gauges employed to measure rainfall rates are internationally accepted. Gumbel extreme value analysis techniques are applied to produce design values of rainfall rate for several duration lengths.

Recently, meteorological radars have been installed at Trepassey, Newfoundland, and Halifax, Nova Scotia to provide quantitative estimates of the instantaneous rainfall rate. Useful information is produced to a range of about 100 km. The Trepassey data have been archived since 1978. The Halifax data are not digitally recorded and therefore are not archived.

Par beau temps, la plupart des plafonds nuageux sont uniformes sur une grande étendue. C'est pourquoi, le fait de ne posséder qu'une quantité limitée de données spatiales ne pose pas de problème. Il existe pourtant des exceptions à proximité des discontinuités atmosphériques, par exemple à proximité des fronts. En outre, les nuages à plafond bas, présentant un certain danger et dus au brouillard ou aux précipitations, varient considérablement dans l'espace, vu la nature des précipitations (précipitations d'averses) et vu le fait que le brouillard est fonction de la température de la surface sous-jacente de la mer. Généralement, on peut s'attendre à ce que les averses de neige se produisent avec la même fréquence sur une grande étendue. Toutefois, le brouillard a tendance à se manifester à des endroits préférentiels.

8.5 Pluies

Les données d'observation sur les pluies en mer sont surtout des estimations visuelles, classées comme légères, modérées ou abondantes. Elles sont enregistrées et archivées dans le code "temps présent" du système d'enregistrement des données marines (MANMAR). Récemment, quelques plates-formes de forage ont commencé à mesurer la hauteur des pluies sur 6 heures; toutefois ces observations ne sont pas incluses dans les archives numériques. Bien qu'il s'agisse des meilleures données dont on dispose actuellement, la qualité des données obtenues est de plus contestable, principalement à cause de la difficulté de trouver un endroit bien ouvert pour installer le pluviomètre. Il existe très peu de données sur l'intensité des pluies abondantes de courte durée, pluies peuvant affecter le drainage et les transmissions radio. Il est probable que les instruments ne fourniront pas d'estimations fiables vu les problèmes de localisation et le mouvement de la plate-forme (Austin et Geotis, 1980).

Certaines stations côtières et insulaires, notamment sur l'île de Sable, sont équipées d'instruments pour mesurer les intensités moyennes des pluies, pour des périodes aussi courtes qu'une minute. Les pluviomètres à augets basculeurs, utilisés pour mesurer l'intensité des pluies, sont acceptés internationalement. Les techniques de Gumbel pour l'analyse de la valeur extrême sont utilisées pour établir des valeurs de calcul de l'intensité des pluies de diverses durées.

Récemment, des radars météorologiques ont été installés à Trepassey (Terre-Neuve) et à Halifax (Nouvelle-Écosse) pour établir des estimations quantitatives de l'intensité instantanée des pluies. Des données utiles sont établies sur une portée d'environ 100 km. Les données de Trepassey sont archivées depuis 1978. Les données d'Halifax ne sont pas enregistrées numériquement et ne sont donc pas archivées.

Satellite data may be useful in northern areas to estimate instantaneous rainfall rates, but no archive exists in Canada of digital satellite data; therefore, processing would have to commence now and be done in real time. Also, the concept has not been proven in northern locales. The United States archives digital data from both NOAA and GOES satellites. Archiving of GOES data in Canada is planned for 1984.

The present data base of information on rainfall rate is adequate in southern areas, since there are numerous land stations with recording rain gauge installations. The gauge at Sable Island, in particular, gives a good estimate of design rainfall for the Scotian shelf. Similarly, there are several sites on the periphery of the Gulf of St. Lawrence which can be used for design values. However, for Newfoundland waters, and areas farther north, gauges are few, and the results cannot be reliably extrapolated to offshore areas, since much of the precipitation is orographically induced or modified.

8.6 Lightning

Lightning is reported and archived in the "present weather" code portion of the marine or land record only when thunder is heard. Statistics are produced on the frequency of occurrence of lightning from the archived land and marine thunder data. Noisy, air-conditioned offices, and the noise of drilling operations, may impair the detection of thunder.

Instruments are available to detect and locate lightning using the electromagnetic radiation generated by a lightning stroke. Indeed, a simple radio may serve as a lightning detector. However, detection may be impaired aboard a rig due to interference from the structure, and electrical interference by motors and equipment.

The state-of-the-art in climatology related to lightning is considered to be adequate, given its infrequent occurrence, and the limitations as to what can be done about it. Systems should be designed to account for lightning. Whether it is one stroke or many should not be critical.

The timely forecasting and observation of lightning is of more importance than its climatology.

8.7 Sea Surface Temperature

Sea surface temperature is usually measured by the "bucket" method, whereby a thermometer in a special container is lowered over the side to a

Les données satellitaires peuvent être utiles dans les zones nordiques pour estimer l'intensité instantanée des pluies, mais au Canada, aucune archive ne comprend de données numériques de satellite; c'est pourquoi, il faudra commencer maintenant à traiter en temps réel les données satellitaires. En outre, ce concept n'a pas été vérifié pour les régions nordiques. Les États-Unis archivent des données numériques obtenues par les satellites NOAA et GOES. Au Canada, on prévoit pour 1984 l'archivage des données du satellite GOES.

La base de données actuelle sur l'intensité des pluies est adéquate dans les régions du sud, étant donné qu'il existe de nombreuses stations terrestres équipées de pluviomètres enregistreurs. En particulier, le pluviomètre installé à l'île de Sable donne une bonne estimation des pluies de projet pour la plate-forme continentale de Scotian. Semblablement, il existe plusieurs sites aux alentours du golfe du Saint-Laurent pouvant servir à l'obtention des valeurs de calcul. Toutefois pour les eaux de Terre-Neuve et les régions plus au nord, il n'existe que peu de pluviomètres et les résultats ne peuvent pas être extrapolés en toute confiance pour les zones au large des côtes étant donné qu'une bonne partie des précipitations sont orographiques ou modifiées.

8.6 Éclair

Les éclairs ne sont enregistrés et archivés sous le code "temps présent" dans les relevés maritimes ou terrestres, que lorsqu'on entend le tonnerre. On établit des statistiques sur la fréquence des éclairs à partir des données archivées sur les coups de tonnerre sur terre et en mer. Les bureaux bruyants et climatisés, de même que le bruit des opérations de forage, peuvent entraver la détection du tonnerre.

Il existe des instruments pour détecter et localiser les éclairs à l'aide du rayonnement électromagnétique créé par un coup de foudre. En fait, un simple appareil radio peut servir à détecter un éclair. Toutefois, sur une plate-forme, la détection peut être entravée à cause des interférences de la structure et des interférences électriques des moteurs et instruments.

L'état de l'art, en ce qui concerne les éclairs, est considéré adéquat vu que les éclairs sont rares et qu'on ne peut pas y faire grand chose. Les systèmes devraient être conçus pour tenir compte des éclairs. Qu'il s'agisse d'un seul coup de foudre ou de plusieurs ne devrait pas présenter de danger.

La prévision en temps opportun et l'observation des éclairs sont plus importantes que leur climatologie.

8.7 Température de la mer en surface

La température de la mer en surface est généralement mesurée par la méthode du "seau", selon laquelle un thermomètre placé dans un

depth of about 1 metre. This is a source of variation, since it is difficult to determine how deep the bucket has gone. Readings may vary considerably from the surface layer to a depth of a few metres.

On some ships and rigs, the sea surface temperature is measured by a thermometer in the engine water intake, which can be at a considerable depth below the surface. Temperatures may also be affected by the heat from the engine room.

Present satellite systems are able to produce reliable estimates of sea surface temperature within ±0.5°C (Irbe *et al.*, 1982), on a fine mesh grid (about 4 km). However, the sensors employed are passive infrared radiometers, which do not have the ability to penetrate cloud. The next generation of sensor is the microwave radiometer, which will not be affected by cloud. Spatial resolution will be much reduced, however, and the resulting averaging will cause difficulties where temperature gradients are steep, such as the Scotian shelf. Combination of data from the two satellite sensors may prove to be the optimum solution for analysis.

Climate analysis is not possible since there is only a limited archive of radiometer data, and no archive of microwave data.

Sea surface temperature is subject to considerable spatial variation, particularly in the vicinity of the Gulf Stream/Labrador current interaction zone. The present density of observations from conventional sources is inadequate to describe the complex nature of the sea surface temperature patterns.

8.8 Air Temperature

Air temperature is usually measured by a mercury or alcohol thermometer, properly shielded from direct solar radiation by means of a louvered screen. Thermisters are used at many airports. On land, air temperature measurements are taken at a height of 1.2 m above the ground. At sea, the measurements may be taken at any height, from the bridge of a ship to the deck of an oil rig. Most land-based thermometers can be properly sited to avoid the effects of heat sources; the same does not apply at sea. Siting difficulty is a major source of error in air temperature measurements at sea.

récipient spécial est abaissé sur le côté de la structure jusqu'à 1 m de profondeur. Étant donné qu'il est difficile de déterminer la profondeur à laquelle le seau est descendu, il peut en résulter certaines variations. Les mesures peuvent varier considérablement entre la couche surfacique et la couche à quelques mètres de profondeur.

Sur quelques navires et plates-formes, la température à la surface de la mer est mesurée par un thermomètre placé dans la prise d'eau de la salle des machines, prise pouvant être à une grande profondeur en-dessous de la surface. Les températures peuvent également être affectées par la chaleur de la salle des machines.

Les satellites utilisés actuellement peuvent établir des estimations fiables sur les températures de la mer en surface, avec une erreur de ± 0,5°C (Irbe et al, 1982), sur une grille à fines mailles (environ 4 km). Toutefois, les détecteurs employés sont des radiomètres à ondes infrarouges passives, qui n'ont pas la capacité de traverser les nuages. Les nouveaux détecteurs seront des radiomètres à micro-ondes, dont l'opération ne sera pas entravée par les nuages. Toutefois, la résolution spatiale sera nettement réduite et les moyennes résultantes présenteront des problèmes aux endroits où les gradients de température sont forts, par exemple à la plate-forme continentale de Scotian. La combinaison des données obtenues par les deux détecteurs sur satellite sera peut-être la solution optimale pour effectuer les analyses.

L'analyse climatologique n'est pas possible étant donné qu'il n'existe qu'un ensemble restreint de données de radiomètre archivées, et aucune archive sur les données par micro-ondes.

La température de la mer en surface est sujette à d'importantes variations spatiales, particulièrement à proximité de la zone d'interaction des courants du Golf Stream et du Labrador. La densité actuelle des données d'observation obtenue à partir de sources conventionnelles ne permet pas de décrire la nature complexe de la configuration des températures de la mer en surface.

8.8 Température de l'air

Généralement, la température de l'air est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure ou à alcool, protégé adéquatement des rayons solaires directs grâce à un abri météorologique à persiennes. Des thermomètres à thermistance sont utilisés dans de nombreux aéroports. Sur terre, les mesures de la température atmosphérique sont prises à 1,2 m au-dessus du sol. En mer, les mesures peuvent être prises à n'importe quelle hauteur, que ce soit sur le pont d'un navire ou sur la tour de forage d'une plate-forme. La plupart des thermomètres aux stations terrestres peuvent être placés en des endroits adéquats permettant d'éviter les effets des sources de chaleur; il n'en est pas de même en mer. La difficulté de localiser de manière adéquate les

It is possible to hindcast air temperature data from upper air data, particularly the depth of the layer between the 1000 mb level and the 850 mb level (called the 1000-850 mb thickness). However, this will produce a low quality temperature field which is very smooth, and does not consider the influence of sea surface temperature on air temperature.

Data on vertical temperature gradients over the ocean are virtually non-existent. Thermometers would be required at more than one level, which would probably entail remote reading, since other levels would probably be inaccessible. Sometimes vertical temperature profile data are obtained from the nearest upper air station and extrapolated. Usually, temperature gradient data can be specified to within acceptable limits from theory, for the height ranges over which this information is required.

Air temperature is not usually subject to large variations in a given area of the marine atmosphere. Therefore, a few observations, if well distributed, can describe a large area of ocean. Exceptions occur in the vicinity of coastlines, fronts and the Gulf Stream.

8.9 Relative Humidity

Relative humidity can either be measured directly, or can be computed by psychrometry from the measurement of the air temperature and wet bulb temperature (using a thermometer from which water is evaporated until equilibrium is reached with the atmosphere). The methods and problems associated with air temperature measurement are described in the preceding section. Additional problems may occur with improper maintenance of the wet bulb thermometer, and in deriving the dewpoint temperature and relative humidity from the two measured temperatures via tables.

Direct measurements, using hair hygrometers for example, are fairly reliable if the instrument is well maintained. Psychrometric measurements are superior, however. Siting is important for all humidity sensors. The instruments should not be exposed to heat or moisture sources.

Humidity is usually high over the ocean. However, relative humidity values can rarely be extrapolated over large areas, due to the differences in air temperatures caused by varying sea temperatures. The presence of precipitation will also cause local humidity differences. Data are not archived as humidity values, but are represented by

thermomètres est une des sources principales d'erreur dans les mesures de la température de l'air.

Il est possible d'obtenir des données rétrospectives sur la température de l'air à partir de données aérologiques, particulièrement l'épaisseur de la couche entre 1000 mb et 850 mb (appelée épaisseur 1000-850 mb). Toutefois, ces données fournissent un champ thermique de piètre qualité, extrêmement peu turbulent, et ne tenant pas compte de l'influence qu'ont les températures de la mer en surface sur la température de l'air.

Il n'existe pratiquement aucune données sur les gradients verticaux de température au-dessus de l'océan. Pour obtenir de telles données, il faudrait installer des thermomètres à diverses hauteurs, ce qui nécessiterait probablement des lectures à distance, étant donné que certaines hauteurs seraient inaccessibles. De temps en temps, on obtient des données sur le profil vertical des températures à partir de la station aérologique la plus proche et on peut les extrapoler. Généralement, on peut déterminer théoriquement les données sur le gradient de température, et ce dans des limites acceptables, pour les hauteurs auxquelles ces données sont requises.

Généralement la température de l'air n'est pas sujette à d'importantes variations dans une zone donnée de l'atmosphère marine. Quelques observations, si elles sont bien réparties, peuvent donc servir à décrire une grande zone océanique. Toutefois, il existe des exceptions à proximité des côtes, des fronts et du Gulf Stream.

8.9 Humidité relative

L'humidité relative peut soit être mesurée directement, soit calculée par psychromètre à partir des mesures de la température de l'air et de la température du thermomètre mouillé (à l'aide d'un thermomètre d'où l'eau s'évapore jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint avec l'atmosphère). Les méthodes et problèmes liés à la mesure de la température de l'air sont décrits dans la section qui précède. D'autres problèmes peuvent provenir d'un mauvais entretien du thermomètre mouillé et lors du calcul de la température du point de rosée et de l'humidité relative à partir des deux températures mesurées, à l'aide de tableaux.

Les mesures directes, avec des hygromètres à cheveux par exemple, sont assez fiables si l'instrument est bien entretenu. Toutefois, les mesures psychrométriques sont de meilleure qualité. La localisation de tous les détecteurs d'humidité est extrêmement importante. Les instruments ne devraient pas être exposés aux sources de chaleur ou d'humidité.

L'humidité est généralement élevée au-dessus de l'océan. Toutefois, les valeurs de l'humidité relative peuvent rarement être extrapolées pour de grandes zones, vu les différences de températures de l'air liées à la variation des températures de la mer. En cas de précipitations, il existera également des différences locales d'humidité. Les données ne

either wet bulb temperatures or dewpoint temperatures. Unlike humidities, dewpoints can usually be extrapolated over large distances.

8.10 Atmospheric Pressure

Atmospheric pressure is not itself a hazard to safety; but it is a very important parameter. In real time, it is essential for the preparation of the weather charts from which weather forecasts are produced. It is also necessary for the altimeter settings for aircraft. The same analysed surface pressure chart which is used for forecasting, is used later in wind/wave hindcast studies. The ability of the hindcast to adequately represent the overwater wind depends on the accuracy and temporal and spatial coverage of the barometric pressure.

Most ships and all rigs, land stations and automatic stations report pressure as a basic element. At land stations, the pressure is usually measured with a mercury barometer. Other reporting systems mostly use aneroid barometers. The pressure indicated by the instrument must be corrected to sea level, the correction depending on the height of the instrument above mean sea level and the air temperature. The correction sometimes causes errors by inexperienced observers. Some ship barometers are set permanently to indicate sea level pressure. Pressure is a parameter measured relatively easily and inexpensively by drifting buoys transmitting to satellite.

Pressure is a relatively smooth field, and thus interpolation can be done with little loss in accuracy. The exception is small-scale storms, which may be missed completely if no pressure observation is available near the storm centre.

Pressure, in general, is measured accurately; however, more observations are necessary in data-sparse areas. Drifting buoys would provide additional information which would enhance rig safety, both in the climatological sense, through design, and as a forecast aid through increased resolution of storms and advanced warning in an area where significant storms can form and move rapidly.

sont pas archivées comme valeur de l'humidité mais sont représentées comme température du thermomètre mouillé ou température du point de rosée. Au contraire de l'humidité, le point de rosé peut être généralement extrapolé sur de grands secteurs.

8.10 Pression atmosphérique

La pression atmosphérique en elle-même ne pose pas de danger pour l'homme mais est un paramètre extrêmement important. En temps réel, cette donnée est essentielle pour la préparation des diagrammes météorologiques à partir desquels on établit les prévisions météorologiques. La pression atmosphérique est aussi nécessaire pour le réglage de l'altimètre d'un aéronef. Le diagramme analysé de la pression en surface, utilisé pour les prévisions, sert par la suite aux études de prévision à posteriori du vent et des vagues. Le fait de pouvoir utiliser les prévisions à posteriori pour représenter de façon adéquate le vent au-dessus de l'eau dépend de la précision du réseau temporel et spatial de mesure de la pression barométrique.

La plupart des navires, de même que toutes les plates-formes, stations terrestres et stations automatiques, enregistrent la pression comme élément fondamental. Aux stations terrestres, la pression est généralement mesurée avec un baromètre à mercure. Les autres systèmes d'enregistrement utilisent pour la plupart des baromètres anéroïdes. La pression indiquée par l'instrument doit être corrigée au niveau de la mer et dépend de la hauteur à laquelle l'instrument est installé au-dessus du niveau moyen de la mer et de la température de l'air. Les observateurs inexpérimentés commettent de temps en temps des erreurs à cause de cette correction à apporter. Certains baromètres sur les navires sont réglés en permanence pour indiquer la pression au niveau de la mer. La pression est un paramètre qui se mesure relativement facilement et à peu de frais grâce aux bouées dérivantes transmettant leurs mesures aux satellites.

Le champ de pression est relativement non turbulent et l'interpolation peut donc se faire sans grande perte de précision. Les tempêtes à petite échelle font toutefois exception étant donné que, s'il n'existe aucune observation de la pression à proximité du centre de la tempête, elles peuvent passer complètement inaperçues.

La pression est généralement mesurée très précisément; toutefois, il est nécessaire de faire des observations supplémentaires dans les zones où les données sont éparses. Le déploiement de bouées dérivantes pourrait fournir des données supplémentaires qui augmenteraient la sécurité des plates-formes, à la fois au sens climatologique grâce à une conception basée sur ces données, et en termes de prévision grâce à une plus grande résolution des tempêtes et grâce à l'émission d'avis précoces dans les zones où de fortes tempêtes peuvent se former et se déplacer très rapidement.

8.11 Turbulence

Turbulence is not usually measured but is computed as a gross estimate from wind speed and air-sea temperature difference measurements through empirical techniques. Instruments are available which will measure the actual wind motions in 3 dimensions for short time resolution. It is unrealistic to consider this type of instrumentation for a ship, and unnecessary since most ships do not support aircraft operations. Such instrumentation would provide useful information for both design and real-time applications, if mounted near the helipad of a drill rig.

Turbulence measurements cannot be extrapolated to other rigs, since the disturbance of the wind field will vary substantially depending on rig structure.

8.12 Storms

Many investigations have dealt with frequency and tracks of travelling low pressure systems, including tropical storms and hurricanes, for example Meserve (1974) and Neumann and Pryslak (1981). A comprehensive listing of studies is given by Mortsch and Kalnins (1984).

Most of these studies are derived from sets of historical weather maps, in either original or digital form. As noted in section 7.7 on hindcasts, these maps frequently suffer from a lack of data, particularly in areas with significant ice cover. This may result in poor estimation of the location, intensity and motion of storms, and may cause storms to be missed altogether. This is particularly true of severe small-scale storms known to occur off the east coast of Canada.

In recent years, satellite information has aided greatly in the detection and location of storms. Future satellite systems, with capability for wind field determination, will further aid in this regard.

Buoys have also aided in storm detection. Deployment of multiple sensor moored buoys and pressure sensing drifting buoys in data-sparse areas would also be of considerable utility, as would automatic stations in remote land areas such as the northern Labrador coast. Such additional information would not only improve the climatology of storms, but would be of value in real time for storm warning and as input to operational weather forecasting.

8.11 Turbulence

La turbulence n'est généralement pas mesurée mais estimée vaguement à partir de la vitesse du vent et de la différence des températures air-mer, grâce à des techniques empiriques. Il existe des instruments mesurant en trois dimensions les mouvements réels du vent, pour une résolution de courte durée. Il est utopique d'envisager l'installation de ce type d'instrument sur un navire et cette installation serait inutile étant donné que la plupart des navires ne soutiennent pas les opérations aériennes. Ces instruments permettraient d'obtenir des données utiles pour la conception et les applications en temps réel s'ils étaient installés à proximité de l'héliport d'une plate-forme de forage.

Les mesures de la turbulence ne peuvent pas être extrapolées pour d'autres plates-formes étant donné que la perturbation du champ du vent varie considérablement selon la structure de la plate-forme.

8.12 Tempêtes

Beaucoup de recherches ont porté sur la fréquence et les trajectoires des dépressions mobiles, notamment des tempêtes tropicales et des ouragans (p. ex. Meserve (1974) et Neumann et Pryslak (1981)). Une liste complète des études est donnée par Mortsch et Kalnins (1984).

La plupart de ces études sont dérivées à partir d'ensembles de cartes météorologiques historiques sous leur format d'origine ou sous forme numérique. Tel que précisé à la section 7.7 sur les prévisions a posteriori, ces cartes ne contiennent généralement pas suffisamment de données, particulièrement dans les zones largement recouvertes par les glaces. Cela peut entraîner une estimation médiocre de la localisation, de l'intensité et du mouvement des tempêtes, et avoir pour conséquence le fait que les tempêtes échappent totalement à la détection. Ceci se vérifie particulièrement pour les fortes tempêtes à petite échelle se produisant sur la côte Est du Canada.

Ces dernières années, les données satellitaires ont beaucoup facilité la détection et la localisation des tempêtes. Les nouveaux satellites, capables de calculer le champ du vent, faciliteront encore les travaux dans ce domaine.

Les données de bouées ont également aidé à détecter les tempêtes. Le déploiement de nombreuses bouées détectrices amarées et de bouées dérivantes avec capteurs de pression, dans les zones à données éparses, seront également d'une grande utilité, tout comme les stations automatiques dans les zones terrestres éloignées, par exemple sur la côte nord du Labrador. Ces données supplémentaires non seulement permettront d'établir une meilleure connaissance climatologique des tempêtes mais serviront également à émettre des avis en temps réel sur les tempêtes; elles pourront de plus servir de données

3.13 Combined Effects

Very little work has been done on effects produced by combinations of factors, either in the design of structures, or operations (for example, the combined force of wind, waves, currents, sea ice, icebergs and accreted ice). It may not necessarily be the maximum values of these conditions which cause the maximum loadings. Resonance conditions or differing stabilities may result in some other combination of factors being more critical.

Occurrence of low visibility in conjunction with high winds or waves may pose problems that the independent occurrence of either would not. Various combinations should be considered for critical operating ranges, and joint frequencies computed. Descriptions of the individual parameters, the data available and associated problems are given in preceding paragraphs.

Time series data, such as from drillrigs, weatherships or hindcasts are well suited to this type of analysis, although hindcast data have a limited set of parameters.

8.14 Support Activities

As with combined effects, very little work has been done on the ramifications of weather conditions at supporting land stations. These conditions may affect operations, but more critically may affect emergency response capability. The occurrence of severe conditions which might require evacuation at a rig should be correlated with conditions, such as flying weather (ceiling and visibility, icing), at the nearest search and rescue locations. Consideration of flying weather at supporting land stations is important at all times, since potential evacuation is not restricted to severe weather occurrences at the rig. Persistence studies of these factors should be incorporated into plans for all proposed support locations. In this case, the land station data are ideal for analysis, since the information required is precisely for those locations. Evaluation of the individual parameters is described in preceding paragraphs.

en entrée pour les prévisions météorologiques opérationnelles.

8.13 Effets combinés

Lors de la conception tant des structures que des opérations, peu d'études ont porté sur les effets produits par la combinaison de facteurs (par exemple, les forces combinées de vent, vagues, courants, glace de mer, icebergs, et givre). Ce n'est pas nécessairement les valeurs maximales de ces conditions qui entraînent une charge maximale. La résonnance ou le changement de stabilité peuvent rendre d'autres combinaisons de facteurs plus dangereuses.

L'occurrence d'une visibilité réduite par grand vent ou hautes vagues peut poser un problème alors que, si chaque évènement se présentait isolément, il n'y aurait aucun risque. Il faut tenir compte de ces diverses combinaisons pour établir les limites des opérations dangereuses et il faudrait calculer les fréquences conjointes. La description des paramètres indépendants, les données disponibles et les problèmes connexes sont présentés dans les paragraphes qui précèdent.

Les données chronologiques, provenant par exemple des plates-formes de forage, des bateaux météorologiques ou des prévisions à posteriori, s'adaptent bien à ce genre d'analyse, bien que les données rétrospectives portent sur un ensemble réduit de paramètres.

8.14 Activités de soutien

De même que pour les effets combinés, peu d'études ont porté sur les ramification des conditions météorologiques aux stations terrestres de soutien. Ces conditions peuvent affecter les opérations, mais bien plus encore avoir des répercussions critiques sur la capacité de réponse en cas d'urgence. L'occurrence de conditions météorologiques rigoureuses pouvant nécessiter l'évacuation d'une plate-forme doit être mise en corrélation avec les conditions météorologiques de vol par exemple (plafond et visibilité, givrage) à la station la plus proche de recherche et de sauvetage. Il est important de tenir compte en tout temps de conditions météorologiques de vol pour les stations terrestres de soutien, étant donné que les opérations d'évacuation ne sont pas applicables seulement en cas de conditions météorologiques rigoureuses à une plate-forme. L'étude de la persistance de ces facteurs devrait faire partie du processus de planification pour le choix du site de chaque station de soutien. À cet effet, les données de stations terrestres sont idéales pour l'analyse étant donné que l'information requise porte précisément sur ces sites. L'évaluation des paramètres individuels est décrite dans les paragraphes qui précèdent.

9. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

It is evident that much work remains to be done in order to adequately define the marine climatology of the east coast. Further studies of the marine wind, visibility and superstructure icing are particularly important, since these parameters have the greatest potential to produce hazardous conditions. The following paragraphs provide a summary of the gaps in knowledge described above. Recommendations are proposed for the improved use of climate information and further study needed to better understand the marine environment, which will, in turn, improve safety in offshore exploration activities.

9.1 Baseine Data

Many data-sparse areas exist in Canadian waters, including several areas presently under lease for exploration, such as the Labrador shelf. This lack of even the most basic data is the primary factor inhibiting our understanding of the marine environment. As a result, many analyses important to the assessment of human safety in drilling operations cannot be performed, and some that are done are of questionable quality. Good quality measurements of all parameters, including time series, are necessary for all areas, but particularly the data-sparse areas shown in Figure 1. Following are recommendations on how this data deficiency can be reduced.

Drifting buoys, measuring a few parameters such as atmospheric pressure, air and sea temperature, should regularly be deployed along the east coast.

Moored buoys, similar to those now operated by the United States, or a suitable Canadian alternative, should be deployed on the Scotian shelf and Grand Banks.

Shipboard automatic stations should be implemented wherever possible on ships and rigs.

Automatic stations, reporting through satellites, should be set up in remote coastal locations.

A program should be initiated on and around several drill rigs to measure the variability of the wind in space and time, and the effect of the rig on airflow. Experimental turbulence measurements should also be a part of this study.

A program should be initiated to measure ice accretion on supply ships, drill rigs and helicopters,

9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Il est évident qu'il reste encore beaucoup à faire pour définir de façon adéquate la climatologie maritime de la côte Est. Il est essentiel d'entreprendre de nouvelles études sur le vent marin, la visibilité et le givrage des superstructures étant donné que ce sont ces paramètres qui risquent le plus d'engendrer des conditions dangereuses. Les paragraphes qui suivent présentent un résumé des lacunes dans les connaissances décrites ci-dessus. Des recommandations sont suggérées pour une meilleure utilisation des données climatologiques; il faudra également entreprendre de nouvelles études pour mieux comprendre le milieu marin afin de diminuer le risque lié aux activités d'exploration au large des côtes.

9.1 Données de référence

Pour de nombreux secteurs des eaux canadiennes, on ne possède que des données éparses, notamment pour certains secteurs actuellement sous bail pour l'exploration, telle que la plate-forme du Labrador. Cette insuffisance de données même les plus fondamentales, est le facteur principal limitant notre connaissance du milieu marin. Ce fait nous empêche non seulement de faire de nombreuses analyses importantes pour évaluer la sécurité humaine lors des opérations de forage, mais rend de plus discutable la qualité de certaines études déjà réalisées. Il est essentiel de produire des mesures de qualité sur tous les paramètres, notamment des séries chronologiques, et ce pour tous les secteurs, mais particulièrement pour les secteurs présentés à la figure 1 et pour lesquels on ne possède que des données éparses. Les paragraphes suivants émettent des recommandations sur la manière dont combler ces lacunes en matière de données.

Il faudrait déployer de façon régulière, le long de la côte Est, des bouées dérivantes mesurant quelques paramètres comme la pression atmosphérique et la température de l'air et de la mer.

Des bouées amarrées, semblables à celles utilisées actuellement par les États-Unis, ou un modèle canadien approprié, devraient être déployée sur la plate-forme continentale de Scotian et les Grands Bancs.

Des stations automatiques à bord de navires devraient être installées dans la mesure du possible sur les navires et les plates-formes.

Des stations automatiques, relayées par satellite, devraient être installées aux stations côtières éloignées.

Un programme devrait être entrepris à bord des plates-formes de forage ou à proximité de celles-ci pour mesurer la variabilité temporelle et spatiale du vent et l'effet de la plate-forme sur le flux d'air. Des mesures expérimentales de la turbulence devraient également faire partie de cette étude.

Un programme d'étude devrait être entrepris pour mesurer le givrage des ravitailleurs, des plates-

including the vertical distribution of icing.

Satellite systems capable of measuring atmospheric and oceanographic parameters should be supported. Of particular importance are wind measuring scatterometer systems, and microwave sensors for sea surface temperature. Satellite-derived data should be archived in digital form.

Investigation into the utility of high frequency radar and bottom-mounted acoustic sounders for wind measurement should be initiated or continued for Canadian waters.

Existing hindcast data sets should be evaluated against quality measured surface data. If no suitable hindcast sets can be identified, a new, Canadian hindcast should be produced.

9.2 Wind

As noted in section 2, wind is the most important meteorological parameter to design and operation of offshore exploration systems. Human safety is directly related to our ability to accurately specify the forces exerted by the wind on rigs, ships and aircraft.

However, it is evident from section 8.1 that our knowledge of the temporal and spatial variability of the wind field is inadequate to properly determine design wind loadings. There is no agreement on standard reference heights or averaging periods for winds over the ocean. The data on which design winds are based are inadequate, and there is not a universally accepted technique for this analysis. As a result, estimates of the 100-year wind vary tremendously. Insufficient data exist to determine vertical wind profiles, gust factors or the effects of structures or waves on measured winds.

The program proposed in section 9.1 will provide the data necessary to study the problems identified above. Specific tasks which should be undertaken are listed below.

Studies should be initiated to produce relationships between wind speeds taken for several averaging periods from 1 second to 6 hours.

Wind measurements from various reference heights should be compared for a variety of stability conditions and wind speeds to develop wind profiles for several areas.

formes de forage et des hélicoptères; cette étude devrait notamment porter sur la distribution verticale du givrage.

Il faudrait encourager l'installation de satellites capables de mesurer les paramètres atmosphériques et océanographiques. Les systèmes présentant une importance particulière sont les dispersomètres pour mesurer le vent et les détecteurs à micro-ondes pour mesurer la température à la surface de la mer. Les données obtenues pour satellites devraient être archivées sous forme numérique.

Il faudrait commencer, ou poursuivre, l'étude de l'utilité en tant qu'outils de mesure du vent des radars à haute fréquence et des sondes acoustiques installées au fond de la mer, pour les eaux canadiennes.

Les ensembles de données rétrospectives qui existent devraient être comparés aux ensembles de données en surface pour évaluer leur qualité. Si l'on ne peut identifier aucun ensemble de données rétrospectives adéquat, il faudra produire un nouvel ensemble pour le Canada.

9.2 Vent

Tel que précisé à la section 2, le vent est le paramètre météorologique le plus important pour la conception et l'exploitation des systèmes d'exploration au large des côtes. La sécurité humaine dépend directement de notre capacité de spécifier avec précision les forces exercées par le vent sur les plates-formes, les navires et les aéronefs.

Toutefois, la section 8.1 met bien en évidence que nos connaissances de la variabilité spatiale et temporelle du champ de vent sont inadéquates pour déterminer la charge des vents de projet. Aucun accord n'existe quant à la hauteur standard de référence ou quant aux périodes moyennes pour mesurer les vents au-dessus de l'océan. Les données à partir desquelles on calcule les vents de projet sont inadéquates et il n'existe aucune technique acceptée universellement pour cette analyse. Par conséquent, les estimations du vent sur 100 ans varient énormément. Il n'existe par suffisamment de données pour déterminer le profil vertical du vent, les facteurs de rafale, ou les effets des structures ou des vagues sur les vents mesurés.

Le programme proposé à la section 9.1 permettra d'obtenir les données requises pour étudier les problèmes identifiés ci-dessus. Les tâches spécifiques à entreprendre sont énumérées ci-dessous.

Il faudrait entreprendre des études pour déterminer les relations entre les diverses vitesses du vent, relevées pour diverses périodes moyennes, allant de 1 seconde à 6 heures.

Les mesures du vent prises à diverses hauteurs de référence devraient être comparées selon diverses conditions de stabilité et vitesses du vent, afin d'élaborer les profils du vent pour divers secteurs.

Standard reference heights and averaging periods should be established.

Work is necessary to review extreme value analysis techniques and data bases for wind on the east coast, in order to produce acceptable design wind speeds.

Studies should be initiated to determine the effects of the wave field on the wind field.

The effects of rig and ship structures on the air flow should be evaluated.

9.3 Icing

As noted in section 2, icing presents a very serious risk to human safety in all aspects of offshore exploration, for personnel on ships, rigs and helicopters.

It is clear from section 8.2 that our knowledge of probable icing conditions, from freezing spray, freezing rain, rime or clear ice is extremely limited. There are virtually no data available over the ocean for any of the three icing types, but particularly for rime and clear icing, which pose grave risks to helicopter operations. Information on the vertical distribution of icing is non-existent at sea. The program identified in section 9.1, along with conscientious completion of the icing reports in regular ship and rig observations, should provide a reasonable data base on which to initiate the following studies.

The vertical distribution of icing for each of the 3 icing types must be determined.

Occurrences and rates of each of the three types of icing should be compared against meteorological and oceanographic conditions at the time of occurrence so that existing techniques for icing forecasting/hindcasting can be evaluated and new techniques developed if necessary.

Estimates should be produced of the total amount of ice accreted due to the occurrence of each type of icing, independently and in combination, which may accumulate on structures and its effects.

9.4 Other Parameters

The main requirement for the other parameters is a significant increase in the quantity and quality of baseline data. Implementation of the recommendations in section 9.1 would satisfy most of the requirements for these parameters.

For example, automatic stations on rigs and ships would provide consistent information on visibility and cloud.

Il faudrait établir des normes quant aux hauteurs de référence ainsi que les périodes moyennes.

Il est nécessaire de réviser les techniques d'analyse de la valeur extrême et les bases de données sur le vent pour la côte Est, afin de déterminer les vitesses acceptables pour le vent de projet.

il faudrait entreprendre des études pour déterminer les effets du champ de vague sur le champ de vent.

Il faudrait évaluer l'effet de la structure des plates-formes ou des navires sur l'écoulement d'air.

9.3 Givrage

Tel que précisé à la section 2, le givrage présente un danger extrêmement grave, quelle que soit l'opération d'exploitation au large des côtes, pour le personnel travaillant à bord de navires, de plates-formes et d'hélicoptères.

La section 8.2 met clairement en évidence que nos connaissances quant aux conditions propices au givrage par embruns ou pluies verglaçantes, ou encore par givre ou verglas, sont extrêmement restreintes. Il n'existe pratiquement aucune donnée océanique pour n'importe lequel de ces trois types de givrage, mais particulièrement pour le givre et le verglas qui posent de graves dangers pour les opérations en hélicoptère. Les données sur la distribution verticale du givrage en mer sont inexistantes. Le programme identifié à la section 9.9, de même que les rapports remplis conciencieusement par les navires et par les plates-formes régulières d'observation, devraient permettre d'établir une base de données acceptable sur laquelle fonder les nouvelles études.

Il faut déterminer la distribution verticale du givrage pour chacun des trois types de givrage.

L'occurrence et le taux de chacun des trois types de givrage devraient être comparées aux conditions météorologiques et océanographiques au moment du givrage afin d'évaluer les techniques existantes de prévision et de prévision a posteriori du givrage et afin de mettre au point de nouvelles techniques, au besoin.

Il faudrait estimer la quantité totale de givre accumulé sur les structures suite à l'occurrence de chaque type de givrage, isolément ou simultanément, et en évaluer les effets.

9.4 Autres paramètres

En ce qui concerne les autres paramètres, il faut principalement accroître les ensembles de données de référence, tant quantitativement que qualitativement. La mise en oeuvre des recommandations proposées à la section 9.1 devrait permettre d'obtenir les paramètres requis.

Par exemple, des stations automatiques sur des plates-formes ou des navires fourniraient des données homogènes sur la visibilité et les nuages.

Networks of drifting buoys would provide pressure data essential to the analysis of surface weather maps on which hindcasts are based, in order to accurately describe the location and intensity of cyclonic storms. These improved maps would also benefit weather and wave forecasting.

Moored buoys would provide very useful information on a number of parameters, including pressure, air and sea temperature, waves and wind.

Satellite systems, particularly microwave systems, would provide good representations of the temporal and spatial variability of sea surface temperature, as well as winds.

Other work, besides data collection and climate analysis, which should be done include the development of techniques to estimate rainfall rates over the northern oceans from satellite.

9.5 Climate Analysis

Published climatologies, contingency plans and impact statements usually contain only frequency information on a few basic parameters. In order to properly assess and describe potential hazards to human safety, additional analyses should be performed, including:

- Persistence, extreme values and gust factors of winds.
- Persistence analysis of low ceilings and visibilities.
- Frequency and persistence of icing conditions, for each of the three icing types.
- Minimum and maximum air temperatures, persistence of high and low values, and windchill frequencies and extremes.
- Frequency of thunderstorms and heavy rains.
- Statistical summaries of cyclonic storm distribution, frequencies, persistence and intensity.
- Joint frequency distributions of hazardous combinations of conditions, such as high winds and low visibility.
- Frequencies and persistence of adverse weather conditions, particularly flying weather, for all supporting land stations, both independent of, and combined with, adverse weather conditions at drill sites.

Les réseaux de bouées dérivantes fourniraient les données de pression indispensables pour l'analyse des cartes météorologiques en surface, sur lesquelles les prévisions a posteriori sont fondées, afin de décrire avec précision la localisation et l'intensité des tempêtes cycloniques. Ces cartes améliorées faciliteraient aussi la prévision météorologique et des vagues.

Les bouées amarrées fourniraient des données utiles pour divers paramètres, notamment la pression, la température atmosphérique et de la mer, les vagues et les vents.

Les satellites, particulièrement les satellites à micro-ondes, fourniraient de bonnes représentations de la variabilité temporelle et spatiale des températures à la surface de la mer et des vents.

À part la collecte de données et l'analyse climatologique, il faudrait entreprendre d'autres études, notamment la mise au point de techniques pour estimer l'intensité des précipitations au-dessus des océans nordiques, à partir de satellites.

9.5 Analyse climatologique

Généralement, les études climatologiques publiées, les plans d'urgence et la définition des répercussions ne contiennent que des données relatives à la fréquence de quelques paramètres fondamentaux. Afin d'évaluer correctement les risques potentiels courus par l'homme, et afin de décrire ces risques, il faut entreprendre des analyses supplémentaires, notamment:

- Persistance, valeur extrême et facteurs de rafale du vent.
- Analyse de la persistance des plafonds bas et d'une visibilité réduite.
- Fréquence et persistance des conditions de givrage, pour chacun des trois types de givrage.
- Température atmosphérique maximale et minimale, persistance des valeurs hautes et basses, fréquence et extrêmes de la froideur du vent.
- Fréquence des orages et pluies abondantes.
- Sommaire statistique de la répartition, de la fréquence, de la persistance et de l'intensité des tempêtes cycloniques.
- Distribution de fréquences de l'occurrence de conditions dangereuses combinées, telles que de grands vents alliés à une visibilité réduite.
- Fréquences et persistance des conditions météorologiques adverses (surtout pour les opérations aériennes) à toutes les stations terrestres de soutien, tant indépendamment qu'en association aux conditions météorologiques adverses aux stations de forage.

10. REFERENCES

Austin, P.M. and S.G. Geotis, 1980: Precipitation measurements over the ocean. In: *Air-sea interaction: instruments and methods,* F. Dobson, L. Hasse and R. Davis, eds., New York: Plenum Press, p. 523-541.

Battan, L.J., 1973: *Radar observation of the atmosphere.* Chicago, IL: University of Chicago Press, 324 p.

Borisenkov, E.P. and V.V. Panov, 1972: *Basic results and perspectives on the investigation of hydrometeorological conditions related to ship icing.* Hanover, NH: Cold Regions Research and Engineering Lab., Draft Translation 411, 30 p. (NTIS ADA003215)

Cardone, V.J., 1969: *Specification of the wind distribution in the marine boundary layer for wave forecasting.* New York, NY: New York University, School of Engineering, Research Division, Technical Report TR69-1, 131 p.

Cardone, V.J., A. Broccoli, C. Greenwood and J. Greenwood, 1980: Error characteristics of extratropical storm wind field specified from historical data. *J. of Petroleum Technology,* 32(5): 872-880.

Chaîné, P.M. and P. Skeates, 1974: *Ice accretion handbook (freezing precipitation).* Ottawa, Ont: Information Canada. (Industrial Meteorology — Study VI)

Corson, W.D., D.T. Resio and C.L. Vincent, 1982: *Wave information study for U.S. coastlines, Report I: Surface pressure field reconstruction for wave hindcasting purposes.* Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Technical Report HL-80-11, 24 p.

Cummins, W.E. and S.L. Bales, 1980: Extreme value and rare occurrence wave statistics for northern hemispheric shipping lanes. In: *Spring meeting/STAR symposium of the Society of Naval Architects and Marine Engineers,* Coronado, CA, June 4-6, 1980, p. 219-239.

Department of Energy Mines and Resources. Canada Oil and Gas Lands Administration, 1983: *Physical environmental guidelines for drilling programs in the Canadian offshore.* Ottawa, Ont.: Canada Oil and Gas Lands Administration, 15 p.

Dobson, F.W., 1981: *Review of reference height for the averaging time of surface wind measurements at sea.* Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, Marine

10. RÉFÉRENCES

Austin, P.M. et S.G. Geotis, 1980: Precipitation measurements over the ocean. In: *Air-sea interaction: instruments and methods,* F. Dobson, L. Hasse et R. David, eds., New York: Plenum Press, p. 523-541.

Battan, L.J., 1973: *Radar observation of the atmosphere.* Chicago, IL: University of Chicago Press, 324 p.

Borisenkov, E.P. and V.V. Panov, 1972: *Basic results and perspectives on the investigation of hydrometeorological conditions related to ship icing.* Hanover, NH: Cold Regions Research and Engineering Lab., Draft Translation 411, 30 p. (NTIS ADA003215)

Cardone, V.J., 1969: *Specification of the wind distribution in the marine boundary layer for wave forecasting.* New York, NY: New York University, School of Engineering, Research Division, Technical report TR69-1, 131 p.

Cardone, V.J., A. Broccoli, C. Greenwood et J. Greenwood, 1980: Error characteristics of extratropical storm wind field specified from historical data. *J. of Petroleum Technology,* 32(5): 872-880.

Chaîné, P.M. et P. Skeates, 1974: *Ice accretion handbook (freezing precipitation)* (fascicule sur le givrage, précipitations verglaçantes), Ottawa (Ontario): Information Canada. (Industrial Meteorology — Study VI) (Météorologie industrielle — Étude VI)

Corson, W.D. et D.T. Resio et C.L. Vincent, 1982: *Wave information study for U.S. coastlines, Report I: Surface pressure field reconstruction for wave hindcasting purposes.* Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Technical Report HL-80-11, 24 p.

Cummins, W.E. et S.L. Bales, 1980: Extreme value and rare occurrence wave statistics for northern hemispheric shipping lanes. In: *Spring meeting/STAR symposium of the Society of Naval Architects and Marine Engineers,* Coronado (Californie), 4 — 6 juin, 1980, P. 219-239.

Énergie, Mines et Ressources, Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, 1983: *Physical environmental guidelines of drilling programs in the Canadian offshore* (lignes directrices relatives à l'environnement physique pour les programmes de forage au large des côtes canadiennes), Ottawa (Ontario): Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, 15 p.

Dobson, F.W., 1981: *Review of reference height for the averaging time of surface wind measurements at sea* (étude de la hauteur de référence pour le temps moyen des mesures du vent en

Meteorological and Related Oceanographic Activities, Report No. 3, 64 p.

Environment Canada. Atmospheric Environment Service, 1977: *Manual of surface weather observations*, 7th ed. Toronto, Ontario: Atmospheric Environment Service, 439 p.

Environment Canada. Atmospheric Environment Service, 1982: *MANMAR manual of marine weather observing*, 6th ed. Toronto, Ontario: Atmospheric Environment Service, 215 p.

Hazen, A., 1930: *Flood flows, a study of frequencies and magnitudes.* New York, NY: John Wiley and Sons.

Irbe, J.G., R.K. Cross and A. Saulesleja, 1982: Remote sensing of surface water temperature of the Great Lakes and off the Canadian east coast. *Proceedings of the symposium on environmental conditions in the northwest Atlantic during the 1970-79 decade.* Dartmouth, N.S. September 14-16, 1981. (Northwest Atlantic Fishing Organization Science Council Studies No. 4, p. 31-39)

Jones, L.W., L.C. Schroeder, D.H. Boggs, E.M. Bracalente, R.A. Brown, G.J. Dome, W.J. Pierson and F.J. Wentz, 1982: The SEASAT-A satellite scatterometer: the geophysical evaluation of remotely sensed wind vectors over the ocean. *J. of Geophysical Research*, 87(c5): 3297-3317.

LeBlond, P.H. 1981: *On the forecasting of extreme sea-states.* Vancouver, B.C.: Seaconsult Marine Research Ltd., 45 p.

MacLaren Plansearch Limited, 1981: *Environmental data analysis Ocean Ranger, Hibernia G55A November to February 1981.* Prepared for Mobil Oil Canada Limited by MacLaren Plansearch Limited, Dartmouth, N.S.

Martec Limited, 1982: *Wind comparison study for Scotian shelf and slope.* Prepared for Mobil Oil Canada Limited by Martec Limited, Halifax, N.S., 32 p.

surface, en mer), Genève (Suisse): Organisation météorologique mondiale, activités météorologiques et océanographiques marines, Rapport no 3, 64 p.

Environment Canada. Service de l'environnement atmosphérique, 1977: *Manuel des observations météorologiques en surface*, 7e éd. Toronto (Ont.): Service de l'environnement atmosphérique, 439 p.

Environnement Canada. Service de l'environnement atmosphérique, 1982: *MANMAR, Manuel d'observations météorologiques marines*, 6e é. Toronto (Ont.): Service de l'environnement atmosphérique, 215 p.

Hazen, A. 1930: *Flood flows, a study of frequencies and magnitudes.* New York, NY: John Wiley and Sons.

Irbe, J.G., R.K. Cross et A. Saulesleja, 1982: Remote sensing of surface water temperature of the Great Lakes and off the Canadian east coast (Télédétection de la température de l'eau à la surface des Grands Lacs et au large de la côte Est du Canada. *Proceedings of the symposium on environmental conditions in the north-west Atlantic during the 1970-79 decade (Actes du symposium sur les conditions environnementales dans le nord-ouest de l'Atlantique, durant la décennie 1970-79).* Dartmouth (N.S.), 14 au 16 septembre 1981. (Northwest Atlantic Fishing Organization Science Council Studies No. 4, p. 31-39).

Jones, L.W., L.C. Schroeder, D.H. Boggs, E.M. Bracalente, R.A. Brown, G.J. Dome, W.J. Pierson et F.J. Wentz, 1982: The SEASAT-A satellite scatterometer: the geophysical evaluation of remotely sensed wind vectors over the ocean. *J. of Geophysical Research*, 87(c5): 3297-3317.

LeBlond, P.H., 1981: *On the forecasting of extreme sea-states* (prévision des conditions marines extrêmes). Vancouver (C.-B.): Seaconsult Marine Research Ltd., 46 p.

MacLaren Plansearch Limited, 1981: *Environmental data analysis Ocean Ranger, Hibernia G55A November to February 1981 (analyse* des données environnementales de l'Ocean Ranger, Hibernia G55A de novembre à février 1981). Préparé pour Mobil Oil Canada Limited par MacLaren Plansearch Limited, Dartmouth (N.S.)

Martec Limited, 1982: *Wind comparison study for Scotian Shelf and slope* (étude intercomparative des vents pour la plate-forme continentale de Scotian en pente). Préparé pour Mobile Oil Canada Limited par Martec Limited, Halifax (N.S.) 32 p.

Meserve, J.M., comp., 1974: *United States Navy marine climate atlas of the world. Vol. I: North Atlantic ocean.* Revised ed. Washington, DC: U.S. Naval Weather Service, Naval Air Systems Command, Report No. NAVAIR 50-IC-528, 385 p.

Meteorological and Environmental Planning Company, 1983: *Climatology of east coast marine areas.* Prepared for Atmospheric Environment Service, Canadian Climate Centre, Climatological Applications Branch by Meteorological Environmental Planning Company, Downsview, Ontario.

Minsk, L.D., 1977: *Ice accumulations on ocean structures.* Hanover, NH: Cold Regions Research and Engineering Lab., Report No. CRREL 77-17, 42 p.

Minsk, L.D., 1980: *Icing on structures.* Hanover, NH: Cold Regions Research and Engineering Lab., Report No. CRREL 80-31, 19 p.

Mortsch, L.D., 1983: *Winds and gusts over the ocean.* Downsview, Ont.: Environment Canada, Atmospheric Environment Service, 31 p. (In preparation)

Mortsch, L.D., and I. Kalnins, comp., 1984: *References pertinent to Offshore Energy and Development,* Downsview, Ont.: Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Report No. CLI 2-84, 110 p.

Neumann, C.J. and M.J. Pryslak, 1981: *Frequency and motion of Atlantic tropical cyclones.* Washington, DC: NOAA, National Weather Service, NOAA-TR-MWS26, 65 p.

NORDCO Limited, 1981: *Floating platform topside icing study.* Prepared for Mobil Oil Canada Limited by NORDCO Limited, St. John's, Nfld.

Oceanweather, Inc., 1982: *Mobil Hibernia development studies. Wave hindcast study, 1981.* Prepared for Mobil Oil Canada Limited by Oceanweather, Inc., White Plains, N.Y.

Phillips, D.W. and J.G. Irbe, 1978: *Lake to land comparison of wind, temperature and humidity on Lake Ontario during the International Field Year for the Great Lakes (IFYGL).* Downsview, Ont.: Fisheries and Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Report No. CLI-2-77, 51 p.

Meserve, J.M., comp., 1974: *United States Navy marine climate atlas of the world. Vol. I: North Atlantic ocean.* Revised ed. Washington, DC: U.S. Naval Weather Service, Naval Air Systems Command, Report No. NAVAIR 50-IC-528, 385 p.

Meteorological and Environmental Planning Company, 1983: *Climatology of east coast marine areas* (climatologie des zones marines de la côte Est). Préparé pour le Service de l'environnement atmosphérique, Centre climatologique canadien, Direction des applications climatologiques par Meteorological Environmental Planning Company, Downsview (Ontario).

Minsk, L.D., 1977: *Ice accumulations on ocean structures. Hanover, NH: Cold Regions* Research and Engineering ab., Report No. CRREL 77-17, 42 p.

Minsk, L.D., 1980: *Icing on structures.* Hanover, NH: Cold regions research and Engineering Lab., Report No. CRREL 80-31, 19 p.

Mortsch, L., 1983: *Winds and gusts over the ocean* (vents et rafales au-dessus de l'océan). Downsview (Ont.): Environnement Canada. Service de l'environnement atmosphérique, 31 p. (en préparation).

Mortsch, L.D., et I. Kalnins, 1984: *References pertinent to Offshore Energy and Development* (références connexes à l'énergie et à l'exploitation au large des côtes). Downsview (Ont.): Environnement Canada. Service de l'environnement atmosphérique, Rapport no CLI-2-84, 110 p.

Neumann, C.J. et M.J. Pryslak, 1981: *Frequency and motion of Atlantic tropical cyclones.* Washington, DC: NOAA, National Weather Service, NOAA-TR-MWS26, 64 p.

NORDCO Limited, 1981: *Floating platform topside icing study* (étude du givrage de la partie supérieure d'une plate-forme flottante). Préparé pour Mobile Oil Canada Limited par NORDCO Limited, Saint-Jean (Terre-Neuve).

Oceanweather, Inc., 1982: *Mobil Hibernia development studies. Wave hindcast study, 1981.* Prepared for Mobil Oil Canada Limited by Oceanweather, Inc., White Plains, N.Y.

Phillips, D.W. et J.G. Irbe, 1978: *Lake to land comparison of wind, temperature and humidity on Lake Ontario during the International Field Year for the Great Lakes (IFYGL)* (IFIGN) (comparaisons lac/terre du vent, de la température et de l'humidité sur le lac Ontario durant l'année internationale d'étude expérimentale des Grands Lacs (AITGL). Downsview (Ont.): Pêches et Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique, CLI-2-77, 51 p.

Pierson, W.J., 1981a: *The measurement of the synoptic scale wind.* New York, NY: City University of New York, Institute of Marine and Atmospheric Sciences, Technical Report, 1981-1982, Contract No. NAS1-15669, Grant No. NAGW-266, 81 p.

Pierson, W.J., 1981b: *Recommendations for improved and extended wind measurement capabilities by the National Data Buoy System.* New York, NY: City University of New York, Institute of Marine and Atmospheric Sciences, Technical Report. Prepared for Computer Science Corporation, Huntsville, AL.

Pierson, W.J., 1981c: The variability of winds over the ocean. *Johns Hopkins Oceanographic Studies,* No. 7:56 — 74.

Quayle, R.G., 1974: A climatic comparison of ocean weather stations and transient ship records. *Mariners Weather Log,* 18(5):307 — 311.

Readshaw, J.S. and W.F. Baird, 1981: *A discussion of procedures to estimate extreme wave heights over the Canadian Atlantic continental shelf.* Ottawa: Dept. of Fisheries and Oceans, Marine Environmental Data Service, Report No. 3, 76 p.

Renard, R.J. 1976: *The observation, analysis, forecasting and climatology of marine fog on the high seas and in coastal areas.* Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, Secretariat of the WMO, No. 454, p. 211-223.

Richards, T.L., H. Dragert and D.R. McIntyre, 1966: Influence of atmospheric stability and overwater fetch on winds over the lower Great Lakes. *Monthly Weather Review,* 94(7): 448-453.

Smith, S.D., 1981: *Factors for adjustment of wind speed over water to a 10-metre height.* Dartmouth, N.S.: Bedford Institute of Oceanography, Report No. BI-R-81-3, 35 p.

Swail, V.R., and A. Saulesleja, 1981: *Geostrophic wind climatology of the northwest Atlantic ocean.* Downsview, Ont.: Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Canadian Climate Centre, Report No. 81-6, 94 p.

Swail, V.R., L.D. Mortsch and D.A. Carr, 1983: Intercomparison of marine wind data sets. *Presented at 3rd American Meteorological*

Pierson, W.J., 1981a: *The measurement of the synoptic scale wind.* New York, NY: City University of New York, Institute of Marine and Atmospheric Sciences, Technical Report, 1981 — 1982, Contract No. NAS1-15669, Grant No. NAGw-266, 81 p.

Pierson, W.J., 1981b: *Recommendations for improved and extended wind measurement capabilities by the National Data Buoy System.* New York, NY: City University of New York, Institute of Marine and Atmospheric Sciences, Technical Report. Prepared for Computer Science Corporation, Huntsville, AL.

Pierson, W.J., 1981c: The variability of winds over the ocean. *Johns Hopkins Oceanographic Studies,* No. 7:56-74.

Quayle, R.G., 1974: A climatic comparison of ocean weather stations and transient ship records. *Mariners Weather Log,* 18(5):307-311.

Readshaw, J.S. et W.F. Baird, 1981: *A discussion of procedures to estimate extreme wave heights over the Canadian Atlantic continental shelf* (discussion des méthodes pour estimer la hauteur extrême des vagues au-dessus de la plate-forme continentale canadienne de l'Atlantique). Ottawa: Pêches et Océans, Service des données sur le milieu marin. Rapport no 3, 75 p.

Renard, R.J., 1976: *The observation, analysis, forecasting and climatology of marine fog on the high seas and in coastal areas* (observation, analyse, prévision et climatologie du brouillard marin en haute mer et dans les zones côtières. Genève (Suisse): Organisation météorologique mondiale, Secrétariat de l'OMM, no 454, p 211-223.

Richards, T.L., H. Dragert et D.R. McIntyre, 1966: Influence of atmospheric stability and overwater fetch on winds over the lower Great Lakes. *Monthly Weather Review,* 94(7): 448-453.

Smith, S.D., 1981: *Factors for adjustment of wind speed over water to a 10-metre height* (facteurs d'ajustement de la vitesse du vent au-dessus de l'eau, jusqu'à 10 mètres de haut). Dartmouth (N.S.): Institut océanographique de Bedford. Rapport no BI-R-81-3, 35 p.

Swail, V. et A. Saulesleja, 1981: *Geostrophic wind climatology of the northwest Atlantic ocean* (climatologie du vent géostrophique au-dessus de la partie nord-ouest de l'océan Atlantique). Downsview (Ontario): Environnement Canada, Service de l'environnement atmosphérique. Rapport no 81-6, 94 p.

Swail, V.R., L.D. Mortsch et D. Carr, 1983: Intercomparison of marine wind data sets. *Presented at 3rd American Meteorological*

Society conference on applied climatology, Hot Springs, AR, Nov. 16-19, 1983.

Thornthwaite, C.W., W.J. Superior and R.T. Field, 1965: Disturbance of airflow around Argus Island Tower near Bermuda. *J. of Geophysical Research.* 70(24): 6047-6052.

U.S. Geological Survey. Conservation Division. OCS Platform Verification Program, 1979: *Commentary on requirements for verifying the structural integrity of OCA platforms.*

U.S. National Oceanic and Atmosheric Administration, 1975: *The NOAA Diving Manual.* Rockville, MD: NOAA, Office of Manned Undersea Science and Technology, 413 p.

U.S. Naval Weather Service Command, 1975: *U.S. Naval Weather Service numerical environmental products manual.* Washington, DC: U.S. Naval Weather Service Command, Report No. NAVAIR 50-1G-522-Rev.

Society conference on applied climatology. Hot Springs, AR, Nov. 16-19, 1983.

Thornthwaite, C.W., W.J. Superior et R.T. Field, 1965: Disturbance of airflow around Argus Island Tower near Bermuda. *J. of Geophysical Research.* 70(24): 6047-6052.

U.S. Geological Survey. Conservation Division. OCS Platform Verification Program, 1979: *Commentary on requirements for verifying the structural integrity of OCS platforms.*

U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration, 1985: *The NOAA Diving Manual.* Rockville, MD: NOAA, Office of Manned Undersea Science and Technology, 413 p.

U.S. Naval Weather Service Command, 1975: *U.S. Naval Weather Service numerical environmental products manual.* Washington, DC: U.S. Naval Weather Service Command, Report No. NAVAIR 50-IG-522-Rev.

APPENDIX A
CLIMATE WORK SCOPE STATEMENT

INTRODUCTION

The Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster has been given comprehensive Terms of Reference which are divided into two parts.

Part One calls for an extensive investigation into the loss of the drill rig, Ocean Ranger. This inquiry has been underway since the Commission was jointly established in March 1982 by the Governments of Canada and Newfoundland and Labrador.

Part Two of the Commission's Terms of Reference call for it to "inquire into, report upon, and make recommendations with respect to" both the marine and drilling aspects of practices and procedures in respect of Eastern Canadian Offshore drilling operations and to a number of specific matters relating to drilling units operating offshore.

To address the Part Two Terms of Reference, the Commission is undertaking a study program the goal of which is to identify practical means of improving the safety of Eastern Canada Offshore drilling operations.

The study area is Eastern Canadian Offshore extending from the shoreline to the limits of jurisdictional claims. The area extends from the Canada-US boundary north to the limit of areas which will be serviced from East Coast ports and use marine drilling systems (approximately 70°N).

The subject of study is offshore exploration and delineation drilling operations, including service and supply (marine and air) activities.

The issue is human safety. Property safety will be considered to the extent it affects human safety. Environmental safety will be addressed by a State of the Art Review.

The part Two Study Plan will include the following areas:

Environment

This study area will address the physical environment conditions within which offshore drilling operations take place. Emphasis will be placed on severe and limiting conditions and their detection or prediction.

Regulation

This study area will address the manner in which offshore drilling operations are controlled by rules, regulations, and guide-lines and their

ANNEXE A
DÉFINITION DE L'OBJECTIF DES TRAVAUX CLIMATOLOGIQUES

INTRODUCTION

La Commission Royale sur la Désastre Marin de l'Ocean Ranger a reçu un mandat détaillé, divisé en deux parties.

La première partie requiert une étude approfondie des raisons de la perte de la plate-forme de forage Ocean Ranger. Cette enquête a débuté avec la formation de la Commission, par le gouvernement fédéral du Canada et les gouvernements de Terre-Neuve et du Labrador, en mars 1982.

La seconde partie du mandat de la Commission la charge d'enquêter, de faire un rapport, et d'émettre des recommandations: 1) sur les caractéristiques, tant maritimes que de forage, des pratiques et procédures de forage au large de la côte Est du Canada et 2) sur plusieurs questions spécifiques ayant trait aux systèmes de forage utilisés au large des côtes.

Pour répondre à la seconde partie de son mandat, la Commission a entrepris un programme d'étude qui vise à identifier des moyens pratiques pour améliorer la sécurité des opérations de forage au large de la côte est du Canada.

L'étude porte sur les régions au large de la côte Est du Canada, de la brochure du rivage jusqu'aux limites des eaux territoriales. Cette zone s'étend de la frontière nord Canada/États-Unis jusqu'à la limite des régions qui seront desservies à partir des ports de la côte Est, et où seront installés des systèmes de forage (approximativement 70°N).

L'étude porte sur l'exploration au large des côtes et sur la délimitation des opérations de forage; elle porte entre autres sur les activités de service et de ravitaillement (maritime et aérien). L'objet de l'étude est de cerner le problème de la sécurité humaine. Elle étudiera également la sécurité foncière dans la mesure où elle affecte la sécurité humaine. La sécurité environnementale sera étudiée par le biais d'une étude sur l'état de l'art.

La seconde partie du plan d'étude comprendra les points suivants:

Environnement

Ce secteur portera sur l'étude des conditions environnementales physiques dans lesquelles les opérations de forage au large des côtes sont réalisées. L'accent sera mis sur les conditions dangereuses et restrictives, et sur la détection et la prévision de ces conditions.

Règlementation

Ce secteur portera sur l'étude de la façon dont les opérations de forage au large des côtes sont contrôlées par des règles, des règlements et des

relationship to safety. Emphasis will be on government control, but included will be industry control.

Design

This study area addresses the process of conception, design, construction, classification, and certification of structures and equipment used in offshore drilling operations. It will include consideration of operational limitations and upkeep requirements.

Safety

This study area focuses on elements of offshore drilling operations directly related to establishment and maintenance of personnel safety. It includes the identification of levels of risk for various activities. It deals with workplace health and safety. In particular it will address systems to ensure survival and minimize injury resulting from unplanned events. Special focus will be given to systems of evacuation, survival and recovery, including self help as well as external assistance.

Training

To evaluate and, as appropriate, recommend improvements to operational marine and safety training for the Eastern Canadian Offshore petroleum industry and related sectors.

STUDY OBJECTIVE

To critically assess the adequacy of climate information needed as input to design, operations, and emergency response capability for Eastern Canada Offshore exploratory drilling operations.

SCOPE

Climate information refers to environmental phenomena such as:

— wind (speed/direction)
— air temperature
— precipitation
— freezing spray
— ceiling/visibility
— cyclones/storm tracks

It includes the description of these phenomena according to accepted methods (e.g. probable

directives, et leurs rapports avec la sécurité humaine. L'accent sera mis sur le contrôle gouvernemental mais comprendra également le contrôle industriel.

Conception

Ce secteur portera sur l'étude des processus d'élaboration, de conception, de construction, de classification et de certification des structures et de l'équipement utilisés pour les opérations de forage au large des côtes. Elle s'attachera aux limites opérationnelles et aux exigences en matière d'éntretien.

Sécurité

Cette section portera en particulier sur les paramètres des opérations de forage au large des côtes directement liés à l'établissement et au maintien de la sécurité du personnel. Elle comprendra l'identification des niveaux de risque des diverses activités et étudiera les problèmes de sécurité et d'hygiène sur les lieux de travail. En particulier, elle étudiera l'élaboration de systèmes pour garantir la survie et minimiser les blessures suite à des évènements imprévus. Un accent tout particulier sera mis sur les systèmes d'évacuation, de survie et de récupération, entre autres les systèmes de secours personnels aussi bien qu'externes.

Formation

Cette partie de l'étude visera à évaluer et, au besoin à recommander, des améliorations pour la formation opérationnelle maritime et en matière de sécurité, du personnel de l'industrie pétrolière au large de la côte Est du Canada et des secteurs connexes.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Cette étude visera à évaluer d'un oeil critique la pertinence des données climatologiques requises en entrée pour concevoir les opérations d'exploration au large de la côte Est du Canada et la capacité de réponse en cas d'urgence.

OBJET

Les données **climatologiques** ont trait aux phénomènes environnementaux tels que:

— le vent (vitesse/direction)
— la température atmosphérique
— les précipitations
— les embruns verglaçants
— le plafond et la visibilité
— les cyclones et les trajectoires de tempête

Ceci comprend la description de ces phénomènes selon des méthodes acceptées (p. ex.

maximum wind speed, three-second gust speed with an average recurrence period of 50 years, etc.).

Design refers to mobile offshore drilling units (dynamically positioned drill ships, semi-submersibles, and jack-up units).

Operation refers to:

rig — transit mode
drilling mode
survival mode

vessel — transit
standby
loading/offloading

helicopter — take off/landing
travel

personnel — exposure

Emergency response capability refers to equipment and procedures for personnel evacuation, survival, location, and recovery and includes government Search and Rescue.

TASK DESCRIPTION

1. Stage One — Scope Review

Initially, the contractor will undertake a review of available literature and ongoing research and development activities. This will enable an evaluation of the extent to which other efforts are addressing the study topic.

A general description of the Eastern Canada Offshore climate will be provided by the contractor with particular emphasis on historical records. Phenomena of importance to rig design will be identified and emphasized.

A review of terms of reference will be undertaken and recommendations provided for Stage Two work scope and schedule.

2. Stage Two — State of the Art Assessment

a) Describe the methods used to gather climate information.
b) Describe the extent and duration of the existing data base.
c) Describe the methods used to extrapolate from limited data and (where appropriate) to apply data gathered from other areas.
d) Compare the quantity and quality of data available against design requirements and in relation to data available for other areas or other environmental factors.

la vitesse maximale probable du vent, la vitesse des rafales sur trois secondes, avec une période moyenne de retour de 50 ans, etc.).

La conception a trait aux systèmes mobiles de forage au large des côtes (les navires de forage positionnés dynamiquement, les semi-submersibles, et les dispositifs de levage).

Les opérations font référence aux opérations des:

plates-formes — mode de déplacement
mode de forage
mode de survie

navires — déplacement
attente
chargement/déchargement

hélicoptères — décollage/atterrissage
vol

personnel — exposition

La capacité de réponse en cas d'urgence fait référence à l'équipement utilisé et aux procédures suivies pour assurer l'évacuation, la survie, la localisation et le sauvetage du personnel, et porte sur les services de recherche et sauvetage gouvernementaux.

DESCRIPTION DES TÂCHES

1. Première étape — Révision de l'objectif

Au départ, l'entrepreneur étudiera les ouvrages disponibles et les activités en cours, en termes de recherche et développement. Cela lui permettra d'évaluer dans quelle mesure d'autres études portent sur le même sujet.

Une description générale du climat au large de la côte Est du Canada sera fournie par l'entrepreneur, qui mettra un accent particulier sur les relevés historiques. L'importance de la conception de la plate-forme sera identifiée et soulignée.

Le mandat sera révisé et des recommandations seront émises quant à l'objectif et à l'échéancier des travaux de la deuxième étape.

2. Deuxième étape — Évaluation de l'état de l'art

a) Décrire les méthodes utilisées pour recueillir des données climatologiques.
b) Décrire l'importance des bases de données existantes et la période qu'elles couvrent.
c) Décrire les méthodes utilisées pour faire des extrapolations à partir de données limitées et (au besoin) pour appliquer les données recueillies à d'autres régions.
d) Étudier quantitativement et qualitativement les données disponibles en fonction des exigences de conception et par rapport à d'autres données disponibles,

e) Assess the adequacy of present data collected in terms of:
   — methods and equipment
   — analysis techniques
   — data reporting (i.e. the likelihood of obtaining inaccurate information)
   — geographic and seasonal coverage

f) Critically analyse the adequacy of the present data base and methods of gathering data.

g) Assess the effects on design/operating/emergency criteria of combinations of factors.

h) Make recommendations on improving safety of offshore exploratory drilling operations by improved utilization of climate information.

i) Identify further study needs.

pour d'autres régions ou d'autres paramètres environnementaux.

e) Évaluer l'utilité des données recueillies présentement en termes de:
   — méthodes et équipement
   — techniques d'analyse
   — enregistrement des données (c.-à-d. probabilité d'obtenir des informations inexactes)
   — couverture géographique et saisonnière

f) Analyser d'un oeil critique l'utilité de la base de données actuelles et des méthodes de regroupement des données.

g) Évaluer les répercussions d'une combinaison de paramètres sur les critères de conception, d'opération et de réponse en cas d'urgence.

h) Faire des recommandations pour améliorer la sécurité des opérations de forage exploratoires au large des côtes, grâce à une meilleure utilisation des données climatologiques.

i) Identifier de nouvelles études à faire.

DELIVERABLES

— Ten copies of a Stage One report will be provided to the client.
— Twenty-five bound copies of the final report (incorporating Stage One and Stage Two) will be provided along with the original (unbound) report. All reports, documents, and other data obtained as part of this exercise will be the property of the client unless other arrangements are made.

DOCUMENTS À DIFFUSER

— Dix exemplaires du rapport sur la première étape seront fournis au client.
— Vingt-cinq exemplaires reliés du rapport final (regroupant la première et la seconde étape) seront fournis avec le rapport d'origine (non relié). Tous les rapports, documents et autres données, obtenus dans le cadre de cette étude, seront la propriété du client sauf dispositions contraires.

SCHEDULE

From the date of contract award, the Stage One report will be submitted in eight weeks. The Stage Two report will be submitted as a draft ten weeks following submission of the Stage One report; however, details of schedule for Stage Two will be reviewed following completion of Stage One and before any work on Stage Two is started.

CALENDRIER

Le rapport de la première étape sera soumis huit semaines après la date d'attribution du contrat. Le rapport provisoire de la seconde étape sera soumis dix semaines après la présentation du rapport sur la première étape; toutefois, les détails du calendrier pour la seconde étape seront révisés suite à l'achèvement de la première étape et avant de commencer les travaux de la seconde étape.

REVIEW AND APPROVAL OF REPORTS

An advisory group has been established to review consultant studies. The advice of this group will be sought on peer reviewers, and documents submitted to the Commission will be subjected to internal and external (peer) review. The overall project schedule should allow 20 working days from submission of a draft final for this review exercise, following which the contractor will be expected to respond to review comments by either rebuttal or compliance.

RÉVISION ET APPROBATION DES RAPPORTS

Un groupe consultatif a été établi pour réviser les études de l'expert-conseils. Les avis de ce groupe seront émis par des experts-conseils pairs, et les documents présentés à la Commission seront soumis à une étude interne et externe (par des pairs). L'échéancier global du projet devrait allouer 20 jours de travail pour la présentation du rapport final suite à cette révision; après cela l'entrepreneur devra répondre aux commentaires de révision, soit en les rejetant, soit en les acceptant.

RELEASE OF REPORT

It is a policy of the Commission that reports submitted to it will be released to the public. These reports will be identified as exercises funded by the Commission, but not necessarily representing the Commission's viewpoint. The timing of release of these reports will be at the discretion of the Commission.

B.R. LeDrew
Director of Studies
10/05/83

ÉMISSION DU RAPPORT

Selon une politique de la Commission, les rapports qui lui sont soumis seront distribués au public. Ils seront identifiés comme études subventionnées par la Commission, mais ne représentant pas nécessairement l'opinion de la Commission. Le choix de la date d'émission de ces rapports est laissé à la discrétion de la Commission

B.R. LeDrew
Directeur des études
10/05/83

APPENDIX B
CLIMATOLOGY OF EAST COAST DRILLING AREAS

This appendix contains a brief description of the climatology of east coast drilling areas (Figure 3), highlighting those aspects of the marine environment which are critical to offshore drilling, operations and emergency response capability. The focus, as throughout this report, is on human safety.

More detailed descriptions of the climatology of the east coast are available. The bibliographic listing of marine climatology by Mortsch and Kalnins (1984) contains a number of such titles. In addition, a comprehensive compilation of climatological summaries has been produced (Meteorological and Environmental Planning Company, 1983).

The climate of the east coast of Canada is influenced by several key factors. Most of the region lies in the mid-latitude zone of westerly winds, whose weather is dominated by the frequent passage of transient low pressure systems (Figures 4, 5). It is also a dynamically favorable area for cyclogenesis (development or intensification of low pressure systems). It can be seen from Figure 4 that the main winter storm tracks enter the region from the Great Lakes Basin and the Cape Hatteras-Cape Cod area and generally continue eastward or northeastward towards Europe and Iceland. Some systems move northward into the Davis Strait. The frequent passage of very intense low pressure systems through this area results in the climatological entity known as the Icelandic Low, a low pressure region in the average pressure patterns. In summer, the mean storm tracks have moved further north, and the mean storm intensity has decreased.

The southern portion of the area is strongly influenced by the presence of two major, opposing ocean current systems, the warm northeastward flowing Gulf Stream and the cold southbound Labrador current (Figure 6). The proximity of the warm water in the south contributes significantly to the tendency for fall and winter cyclogenesis in that area. In northern areas, only the cold Labrador current is present, as the Gulf Stream swings off to the east.

The climate is also affected by the presence of the large land mass to the west. This allows large quantities of very cold, dry air to stream over the region in winter with little modification from the relatively warm water underneath. The presence of this cold air adds a measure of continentality to the maritime climate and constitutes a major difference between the climate regime of the East Coast of

ANNEXE B
CLIMATOLOGIE DES ZONES DE FORAGE SUR LA CÔTE EST

Cette annexe contient une description succinte de la climatologie des zones de forage sur la côte Est (figure 3); elle met en évidence les aspects du milieu marin présentant un risque pour le forage, les opérations au large des côtes et la capacité de réponse en cas d'urgence. Tout au long du rapport, l'accent est mis sur la sécurité humaine.

Il existe des descriptions climatologiques plus détaillées de la côte Est. La bibliographie sur la climatologie maritime établie par Mortsch et Kalnins (1984) contient plusieurs titres d'ouvrages pertinents. En outre, une compilation complète des résumés climatologiques a été établie (Meteorological and Environmental Planning Company, 1983).

La climat de la côte Est du Canada est influencé par plusieurs paramètres-clés. La plupart des régions se trouvent dans la zone de latitude moyenne des vents d'ouest, et le temps y est dominé par le passage fréquent de dépressions mobiles (figures 4, 5). Il s'agit aussi d'une zone dynamiquement favorable à la formation de cyclones (développement ou intensification des zones de basse pression). À la figure 4, on peut voir que les principales trajectoires des tempêtes en hiver pénètrent dans la région à partir du Bassin des Grands Lacs et de la zone Cap Hatteras/Cape Cod et se déplacent en général vers l'est ou le nord-est, en direction de l'Europe et de l'Island. Certains systèmes se déplacent vers le nord en direction du Détroit de Davis. Le passage fréquent dans cette région de systèmes de basse pression très importants forme l'entité climatique connue sous le nom de dépression d'Islande, une zone de basse pression dans les configurations de pression moyenne. En été, les trajectoires moyennes des tempêtes se déplacent plus au nord, et l'intensité moyenne des tempêtes décroît.

La partie sud de cette région est fortement influencée par la présence de deux courants océaniques majeurs et s'opposant, le Gulf Stream, courant chaud coulant vers le nord-est, et le courant froid du Labrador, coulant vers le sud (figure 6). La proximité des eaux chaudes dans le sud a une forte incidence sur la tendance à la cyclogénèse en automne et en hiver dans cette région. Dans les zones nordiques, seul le courant froid du Labrador est présent puisque le Gulf Stream s'écarte vers l'est.

Le climat est aussi affecté par la présence d'importantes masses de terre vers l'ouest. Cela permet à une grande quantité d'air sec très froid de circuler en hiver au-dessus de la région, avec une légère modification de l'eau relativement chaude en-dessous. La présence de cette masse d'air froid rend plus continental le climat maritime et constitue une différence majeure entre le régime climatique

FIGURE 3
East Coast drilling areas
Zones de forage sur la côte Est

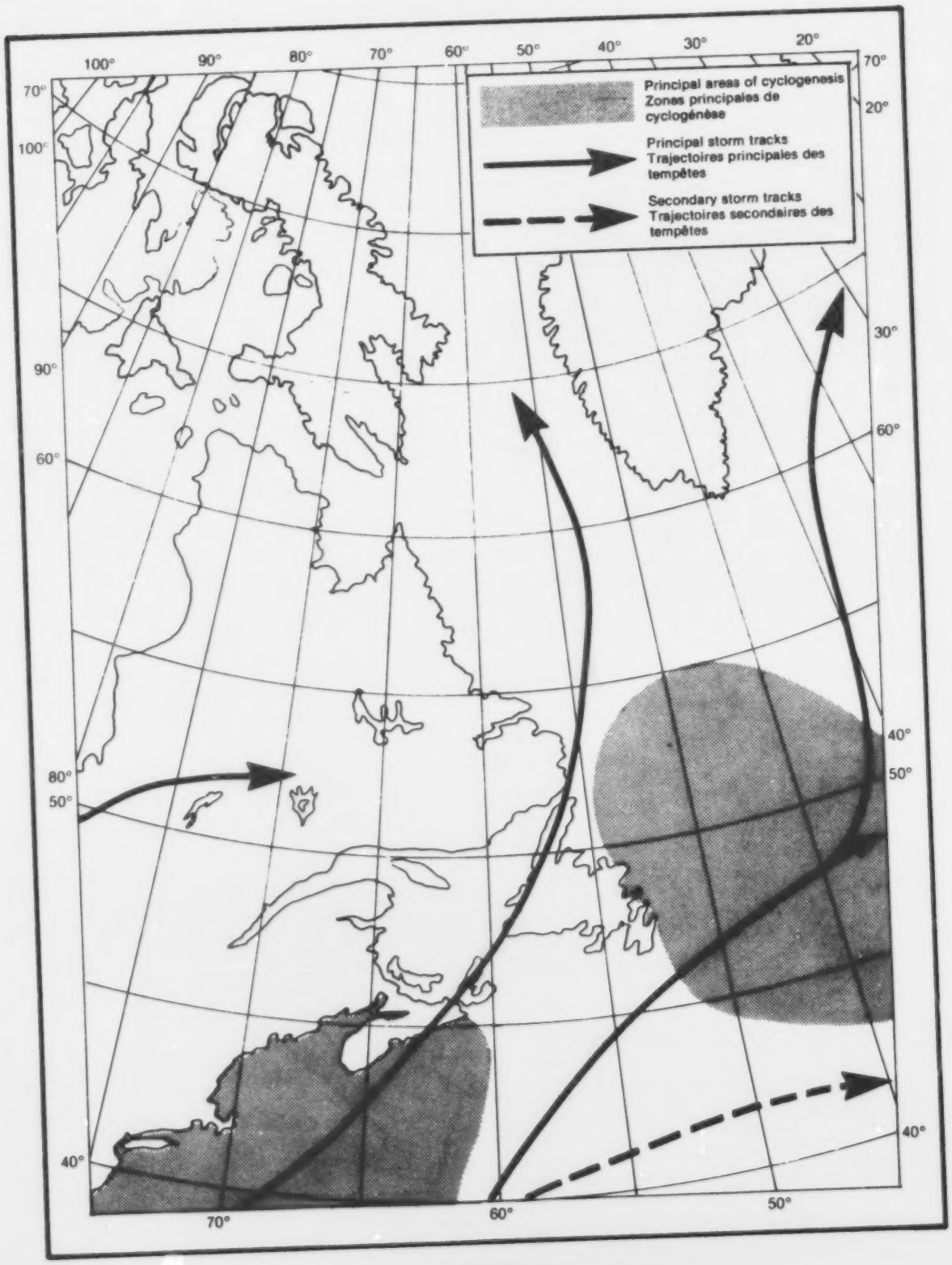

FIGURE 4
Mean Storm Tracks (January) (after Meserve, 1974)
Trajectoires moyennes des tempêtes (janvier) (d'après Meserve, 1974)

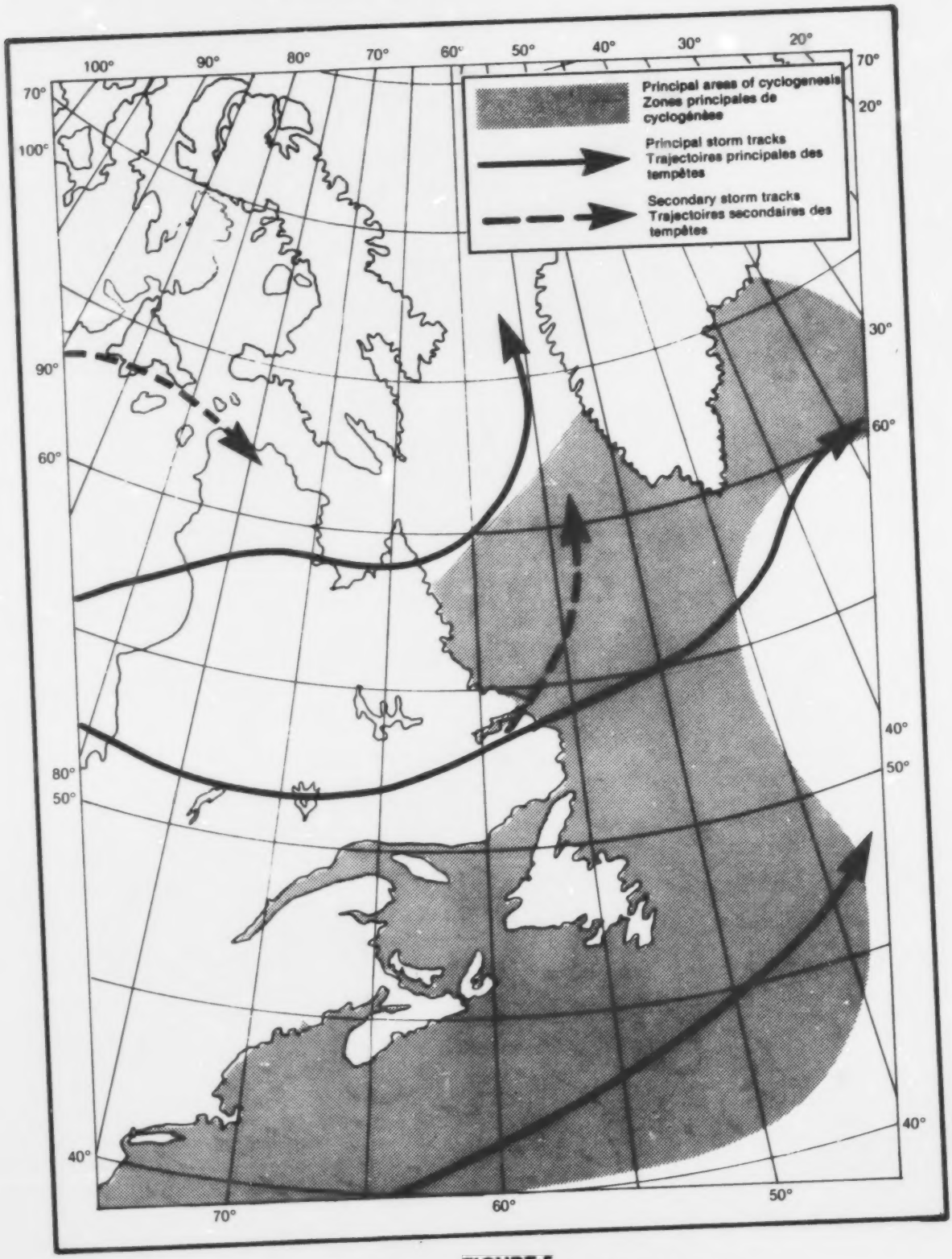

FIGURE 5
Mean Storm Tracks (July) (after Meserve, 1974)
Trajectoires moyennes des tempêtes (juillet) (d'après Meserve, 1974)

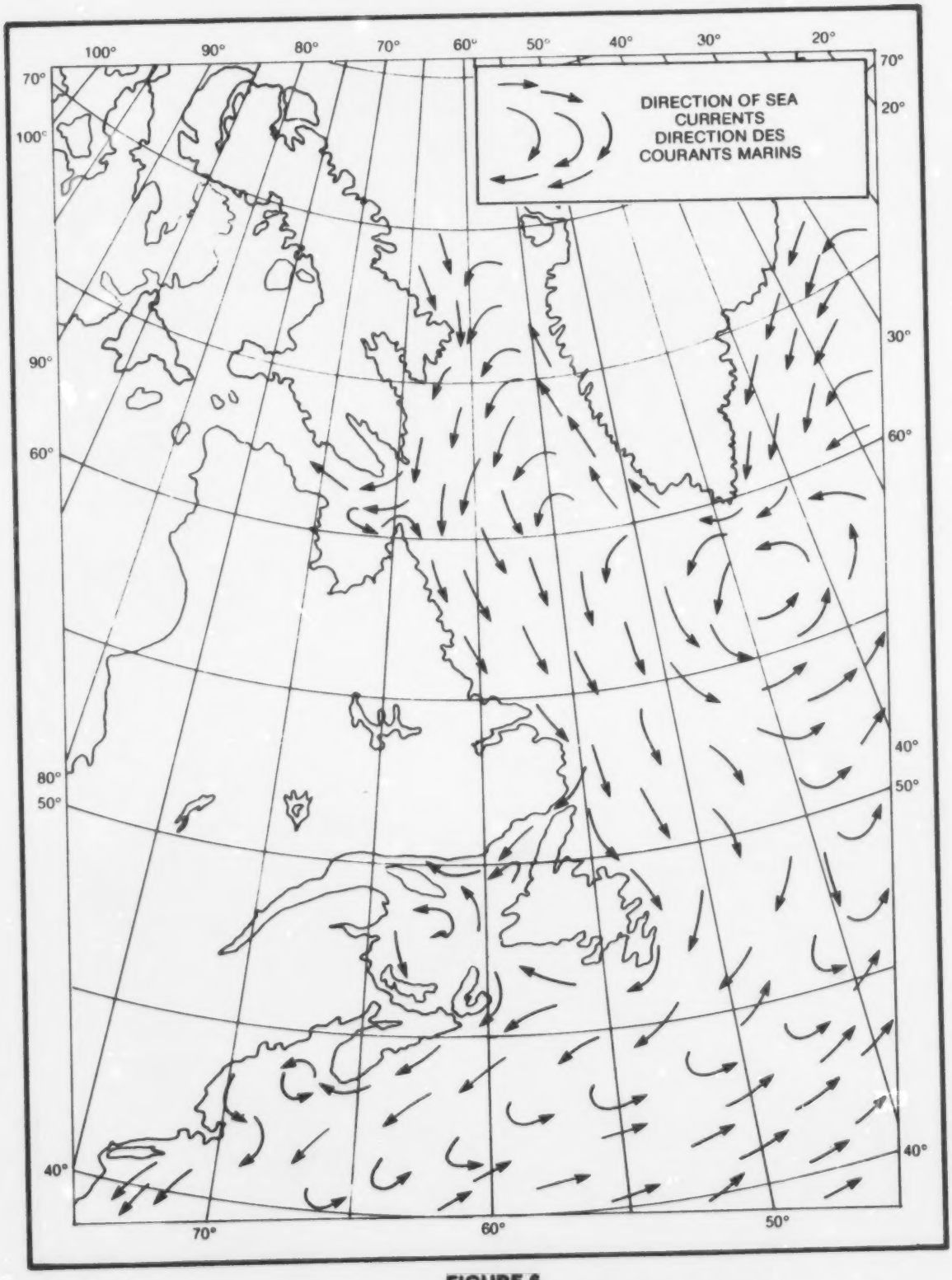

FIGURE 6
Prevailing Surface Current Direction (after Meserve, 1974)
Direction prédominante des courants en surface (d'après Meserve, 1974)

Canada and the West Coast of Canada or the West coast of Europe.

The southern portions of the region are occasionally affected by tropical storms and hurricanes which move northward from low latitudes and then curve eastward under the influence of the mid-latitude westerlies. These storms occur predominantly from August to October, and are usually relatively infrequent, ranging from 0-5 per year.

As a consequence of the above factors, these regions experience highly variable weather conditions. The following sections contain a brief description of climatological parameters relevant to human safety, as discussed in Section 2, for each of the five shaded geographical sub-areas shown in Figure 3.

B.1 Wind

The prevailing winds over the east coast of Canada are westerly. However, they vary seasonally from predominantly west to northwesterly in the colder months, to southwesterly in the warm season as the position of the preferred storm track migrates towards the north. An exception to this occurs in the Baffin Bay/Davis Strait area, where weak summertime pressure gradients produce light winds with little directional preference. Although the prevailing winds blow from the west and northwest, the winds may blow from any direction at any time, due to the passage of transitory cyclones and anticyclones.

Severe storms occur frequently on the east coast, particularly during the winter months. Strong winds can blow from any direction but the most frequent direction is northwesterly.

Particulars of the wind climatology for each of the five sub-areas on the East Coast are given in the following sections.

B.1.1 Scotian Shelf

Mean monthly wind speeds on the Scotian shelf range from about 11 knots in July to a maximum of about 21 knots in January. Winds of gale force (34 knots) or higher occur more than 10% of the time over the shelf in January, and may persist for 2-3 days. Sustained wind speeds of 70 knots may be expected to recur, on average, once each year with higher speeds in associated gusts. The design wind speed, or the wind speed which could be expected to occur, on average, once in 100 years, is estimated to be about 105-110 knots (Swail and Saulesleja, 1981). Hurricanes or tropical storms may affect the shelf, with strong winds, anytime from May to November, but are more likely between August and October.

de la côte Est du Canada et celui de la côte ouest du Canada ou de l'Europe.

Les zones au sud de cette région sont de temps en temps affectées par des tempêtes tropicales ou des ouragans qui se déplacent vers le nord à partir de latitudes plus basses, et s'orientent ensuite vers l'est sous l'influence des vents d'ouest aux latitudes moyennes. Ces tempêtes se produisent principalement d'août à octobre et sont rares en général, à savoir de 0 à 5 par an.

À cause des paramètres mentionnés ci-dessus, ces régions sont soumises à des conditions météorologiques extrêmement variables. Les sections qui suivent contiennent une description succinte des paramètres climatologiques pertinents quant à la sécurité humaine et dont nous avons discuté à la section 2, et ce pour chacune des cinq sous-régions géographiques présentées à la figure 3.

B.1 Vent

Les vents dominants sur la côte Est du Canada sont des vents d'ouest. toutefois, ils varient en fonction des saisons: leur direction prédominante est de l'ouest au nord-ouest durant les mois les plus froids, et du sud-ouest durant la saison chaude, à mesure que la trajectoire préférentielle des tempêtes se déplace vers le nord. Les régions de la baie de Baffin et du détroit de Davis échappent à la règle étant donné qu'en été de faibles gradients barométriques produisent des vents légers n'ayant qu'une faible préférence directionnelle. Bien que les vents dominants soufflent de l'ouest et du nord-ouest, les vents peuvent souffler de n'importe quelle direction, à n'importe quel moment, à cause du passage de cyclones et d'anticyclones éphémères.

Les tempêtes violentes sont fréquentes sur la côte Est, particulièrement en hiver. Les grands vents peuvent souffler de n'importe quelle direction, la direction la plus fréquente étant toutefois du nord-ouest.

Les sections qui suivent expliquent les particularités climatologiques du vent pour chacune des cinq sous-régions de la côte Est.

B.1.1 Plate-forme continentale de Scotian

Les vitesses moyennes mensuelles du vent sur la plate-forme de Scotian varient d'environ 11 noeuds en juillet à un maximum d'environ 21 noeuds en janvier. En janvier, les vents soufflant en tempête (34 noeuds) ou même plus forts se rencontrent plus de 10% du temps au-dessus de cette région et ils peuvent persister pour 2 ou 3 jours. On peut s'attendre à ce qu'un vent soufflant à une vitesse continue de 70 noeuds souffle en moyenne une fois chaque année, avec des vitesses plus élevées dans les rafales associées. La vitesse du vent de projet, ou la vitesse du vent de retour sur 100 ans, est estimée à environ 105 à 110 noeuds (Swail et Saulesleja, 1981). De mai à novembre, les ouragans ou tempêtes tropicales peuvent affecter le

B.1.2 Gulf of St. Lawrence

Mean monthly wind speeds in the Gulf of St. Lawrence vary from a minimum of about 12 knots in July to 21 knots in the period December through February. Gale force winds are frequent in the December to January period, occurring about 12% of the time, and may occasionally persist for 2-3 days. Sustained winds of about 70 knots can be expected in severe storms about once per year, on average. The 100-year wind speed for the Gulf is about 100 knots. Tropical storms and hurricanes occasionally pass through the Gulf, although the winds are generally reduced due to the friction of the surrounding land and the lack of warm water underneath to provide energy.

Local effects may be important near some coastlines, due to funneling effects of the topography distorting the wind directions and increasing the wind speeds. Also, strong winds have been observed close to the south Newfoundland coast, blowing down from the rugged coastline.

B.1.3 Grand Banks

Mean monthly wind speeds on the Grand Banks are about 11 knots in July and reach a maximum in December and January of about 21 knots. Gale force winds occur 12-13% of the time from December through February, and may persist for several days. About once per year a storm can be expected to produce winds of about 75 knots. The design wind speed for the Grand Banks is about 110-115 knots. Hurricanes and tropical storms occasionally pass over the Grand Banks, particularly during the fall, bringing strong winds.

B.1.4 Labrador Sea

Mean monthly wind speeds over the Labrador Sea range from 12-13 knots from June through August to about 19 knots in the period November through January. Eastern portions of the Labrador Sea however, have mean wind speeds from November to February of 24 knots. Winter values close to shore are somewhat suspect due to the paucity of ship observations because of the ice cover. Gale force winds occur about 11% of the time in the period December through February, and may persist for several days. Winds of about 75 knots can be expected in severe storms about once per year, on average, in the southern portions, with speeds of

temps de la plate-forme, en créant des vents violents, mais ces évènements sont plus probables entre août et octobre.

B.1.2 Golfe du Saint-Laurent

Les vitesses moyennes mensuelles du vent dans le golfe du Saint-Laurent varient d'un minimum d'environ 12 noeuds en juillet à 21 noeuds, de décembre à février. Les vents soufflant en tempête sont fréquents de décembre à janvier (environ 12% du temps) et peuvent occasionnellement persister pour 2 ou 3 jours. On peut s'attendre à enregistrer des vents soufflant à une vitesse soutenue d'environ 70 noeuds lors des tempêtes violentes, environ une fois par an en moyenne. Pour le golfe, la vitesse du vent de retour sur 100 ans est d'environ 100 noeuds. Les tempêtes tropicales ou les ouragans traversent de temps en temps le golfe, mais la vitesse de ces vents est généralement réduite à cause du frottement sur les terres avoisinantes et de l'absence d'eaux chaudes sous-jacentes comme source d'énergie.

À proximité de certaines côtes, les effets locaux peuvent être importants à cause de l'effet de canalisation provoqué par la topographie qui modifie la direction du vent et augmente sa vitesse. De grands vents ont également été observés à proximité de la côte sud de Terre-Neuve, le long de la côte rugueuse.

B.1.3 Grands Bancs

Les vitesses moyennes mensuelles du vent sur les Grands Bancs sont d'environ 11 noeuds en juillet et atteignent un maximum d'environ 21 noeuds, en décembre et janvier. Les vents soufflant en tempête se produisent environ 12 à 13% du temps, de décembre à février, et peuvent persister plusieurs jours. On peut s'attendre à assister environ une fois par an à une tempête produisant des vents d'environ 75 noeuds. La vitesse du vent de projet pour les Grands Bancs est d'environ 110 à 115 noeuds. Des ouragans et tempêtes tropicales peuvent occasionnellement traverser les Grands Bancs, particulièrement en automne, et provoquer de grands vents.

B.1.4 Mer du Labrador

Les vitesses moyennes mensuelles du vent au-dessus de la mer du Labrador vont de 12 à 13 noeuds de juin à août à environ 19 noeuds, de novembre à janvier. Toutefois, de novembre à février, on enregistre une vitesse moyenne du vent de 24 noeuds, dans la partie est de la mer du Labrador. Les données hivernales à proximité du rivage sont quelque peu suspectes à cause du peu d'observations de navires, vu la couverture de glace. On enregistre des vents soufflant en tempêtes environ 11% du temps de décembre à février, et ils peuvent persister plusieurs jours. Dans le sud, on peut s'attendre à enregistrer des vents d'environ

about 65 knots in the north. The design wind speed is about 110 knots in the south and 100 knots in the north. Tropical storms and hurricanes are not known to pass through the Labrador Sea, although remnants of tropical storms may be absorbed into the westerly flow, behaving as typical mid-latitude storms. Local effects may be important near the Labrador coast in diverting the wind flow along the coastline. Also, there are undocumented reports that katabatic winds off the Torngat Mountains may occasionally approach speeds of 200 knots.

B.1.5 Davis Strait/Baffin Bay

Mean monthly wind speeds in the Baffin Bay area range from 7-9 knots in the period from June to August and about 16 knots in the period from December to February. In the Davis Strait area, the means are slightly higher at about 12 knots and 19 knots respectively for the same periods. Gale force winds occur about 6-8% of the time in the western Davis Strait in December through February and more than 10% of the time near the Greenland coast. In western Baffin Bay gale force winds are rare, occurring only about 3% of the time in January. Near the Greenland coast, the percentage is about 8%. The winter figures for the western Davis Strait and Baffin Bay are suspect, since the ice cover discourages or prevents ship movement. Land station data have been used to complete the picture. Winds of about 60 knots can be expected on a once-per-year basis in the Davis Strait area, 50 knots in Baffin Bay. The design wind speeds are, respectively 100 knots and 90 knots.

Local effects in the Davis Strait/Baffin Bay area may dominate the wind regime. Near the east coast of Baffin Island, the overwater winds are deflected to run parallel to the coast. The same phenomenon occurs at the west coast of Greenland. Also, the mountainous terrain of Baffin Island and west Greenland often cause local winds. Katabatic winds, for example, may completely override the general atmospheric circulation. The speeds reached can be far in excess of that produced by storms. As a result, estimation of return period wind speeds is very difficult, since most of these statistics are based on hindcasts using information on large scale systems. The estimates given above should be treated with caution.

75 noeuds lors de tempêtes violentes, en moyenne une fois par an; dans le nord, les vitesses sont alors d'environ 65 noeuds. La vitesse du vent de projet est d'environ 110 noeuds dans le sud et de 100 noeuds dans le nord. Il ne semble pas que les tempêtes tropicales ou ouragans traversent la mer du Labrador bien que les derniers effets des tempêtes tropicales puissent être absorbés dans l'écoulement d'ouest qui se comporte comme les tempêtes typiques aux latitudes moyennes. Les effets locaux peuvent être importants à proximité de la côte du Labrador, détournant le flux de vent le long de la côte. Il y a également des rapports non-documentés signalant que des vents catabatiques au large des monts Torngat peuvent occasionnellement atteindre des vitesses de 200 noeuds.

B.1.5 Détroit de Davis/Baie de Baffin

Les vitesses moyennes mensuelles du vent dans la région de la baie de Baffin varient de 7 à 9 noeuds, de juin à août, à environ 16 noeuds, de décembre à février. Dans la région du détroit de Davis, les moyennes sont quelques peu supérieures, à savoir respectivement de 12 et 10 noeuds environ pour les mêmes périodes. De décembre à février, on enregistre des vents soufflant en tempête 6 à 8% du temps environ dans la partie ouest du détroit de Davis et plus de 10% du temps, à proximité de la côte du Groënland. Dans la partie ouest de la baie de Baffin, les vents soufflant en tempête sont rares, ne soufflant environ que 3% du temps en janvier. À proximité de la côte du Groënland, le pourcentage est d'environ 8%. Les données sur le vent pour l'ouest du détroit de Davis et de la baie de Baffin sont suspectes étant donnée que la couverture de glace décourage ou empêche le déplacement des navires. Les données de stations terrestres ont été utilisées pour compléter les informations. On peut s'attendre à enregistrer des vents d'environ 60 noeuds, une fois par an dans la région du détroit de Davis, et de 50 noeuds dans la baie de Baffin. Les vitesses du vent de projet sont respectivement de 100 et 90 noeuds.

Les effets locaux dans le détroit de Davis et la baie de Baffin peuvent avoir un effet dominant sur le régime éolien. À proximite de la côte est de l'île de Baffin, les vents au-dessus des eaux sont dérivés et soufflent parallèlement à la côte. Le même phénomène se produit sur la côte ouest du Groënland. De plus, les terrains montagneux de l'île de Baffin et de l'ouest du Groënland créent fréquemment des vents locaux. Des vents catabatiques par exemple peuvent complètement dominer la circulation générale atmosphérique. Les vitesses atteintes peuvent dépasser de loin celles des vents créés par les tempêtes. Par conséquent, l'estimation des vitesses de retour du vent est extrêmement difficile puisque la plupart des statistiques sont basées sur les prévisions à posteriori, à partir des données sur les systèmes à grande échelle. Il faut utiliser les estimations données ci-dessus avec circonspection.

B.2 Sea Surface Temperature

The sea surface temperature regime of the east coast of Canada is dominated by the cold Labrador current, which originates in Baffin Bay and flows generally southward along the coast, turning to the southwest as it passes the eastern portion of Newfoundland. The other major factors influencing sea surface temperature are the seasonal variation of solar radiation and the immense heat capacity of water. The resulting slow heating and cooling is responsible for the late occurrence of the summer maximum and winter minimum of sea surface temperature. The southern areas are also affected by the presence of the Gulf Stream, which flows northeastward along the eastern periphery of the Scotian shelf and Grand Banks. Meanders in the Gulf Stream and warm eddies caused by the interaction of two currents moving in opposite directions, occasionally introduce much warmer water onto the Scotian shelf and southern Grand Banks. The presence of sea ice also affects the temperature of some marine areas. When sea ice is present, the surrounding water temperature remains at the freezing point of sea water, which is usually about -1.8°C. With the ice melting in the spring, a continuous supply of cold water is introduced, delaying warming in these areas until the ice is gone. Even parts of the Scotian shelf, which is not prone to sea ice, are affected by the cold outflow from the Gulf of St. Lawrence in spring. Some statistics on the sea surface temperature for several representative areas on the east coast are presented in Table 4.

B.3 Air Temperature

The major factors controlling air temperature on the east coast are the land mass to the west and the moderating effect of the ocean. The presence of land upstream from the prevailing westerly winds gives the air temperature regime a continental nature, producing temperatures that are warmer in summer and colder in winter than would otherwise be experienced. As the air passes over the sea, it is modified to reflect the temperature of the underlying water. The magnitude of the modifying effect depends on the distance offshore. Nearshore locations have a temperature regime more similar to land; offshore locations follow more closely the sea surface temperature pattern. In areas where ice is prevalent, the winter and early spring temperatures are strongly continental in nature, since the modifying influence of the relatively warm water (even at -2°C) is reduced. Table 5 gives statistics of air temperature for several representative areas on the east coast.

B.2 Température de la mer en surface

Le régime des températures de la mer en surface au large de la côte Est du Canada est dominé par le courant froid du Labrador; ce dernier part de baie de Baffin et coule généralement vers le sud le long de la côte, s'orientant vers le sud-ouest lorsqu'il dépasse la partie est de Terre-Neuve. Les autres paramètres principaux influençant la température de la mer en surface sont les variations saisonnières du rayonnement solaire et l'immense capacité thermique de l'eau. Le lent réchauffement et refroidissement qui en résulte est responsable de l'arrivée tardive des températures maximales en été et minimales en hiver, de la mer en surface. Les régions du sud sont également affectées par la présence du Golf Stream, qui coule du nord-est le long du côté est de la plate-forme de Scotian et des Grands Bancs. Les méandres du Gulf Stream et les tourbillons chauds provoqués par l'interaction de deux courants se déplaçant dans des directions opposées apportent de l'eau nettement plus chaude dans les régions voisines de la plate-forme de Scotian et du sud des Grands Bancs. La présence de glaces de mer affecte également la température de certaines zones marines. En présence de glaces de mer, la température des eaux avoisinantes reste au point de congélation de l'eau de mer, ce qui correspond généralement à environ -1,8°C. Avec la fonte de la glace au printemps, il y a un approvisionnement continu en eau froide, ce qui retarde le réchauffement de ces régions jusqu'à la disparition de la glace. Au printemps, même les régions voisines de la plate-forme de Scotian, non sujettes à la présence de glaces de mer, sont affectées par le courant froid venant du Golfe Saint-Laurent. Le tableau 4 présente quelques statistiques sur la température de la mer en surface pour diverses zones représentatives de la côte Est.

B.3 Température de l'air

Les principaux facteurs contrôlant la température de l'air sur la côte Est sont la masse continentale à l'ouest et l'effet modérateur de l'océan. La présence de terres en amont des vents dominants d'ouest donne à la température atmosphérique un régime de nature continentale, produisant des températures plus chaudes en été et plus froides en hiver, comparées à celles qu'on rencontrerait normalement. Lorsque l'air passe au-dessus de la mer, sa température varie et reflète la température de la couche d'eau sous-jacente. L'ampleur de l'effet modificateur dépend de la distance par rapport à la côte. Les zones à proximité de la côte ont un régime thermique plus semblable à celui de la terre; les zones au large des côtes suivent de plus près le régime thermique de la mer en surface. Dans les zones où la glace domine, les températures en hiver et au début du printemps sont de nature nettement continentale, étant donné que l'influence modificatrice des eaux relativement chaudes (même à -2°C) est réduite. Le tableau 5

TABLE/TABLEAU 4
Sea Surface Temperature Statistics
Statistiques sur la température de la mer en surface
(°C)

Area Zone	(1) Minimum 5%	(2) Lowest Mean Monthly Moy. mens. minimale	(3) Month Occur Mois	(4) Maximum 5%	(5) Highest Mean Monthly moy. mens. maximale	(6) Month Occur Mois	(7) Months Mean<0 Mois Moy.<0	(8) Months Mean<5 Mois Moy.<5
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	-1	1	Feb. fév.	20	18	Aug. août	—	Jan.-May jan.-mai
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	-2	-2	Feb., Mar. fév., mars	21	16	Aug. août	Jan.-Apr. jan.-avril	Dec.-May déc.-mai
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	-2	1	Feb., Mar. fév., mars	16	12	Aug. août	—	Dec.-May déc.-mai
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	-2	-1	Feb., Mar. fév., mars	10	7	Aug. août	Jan.-Apr. jan.-avril	Sep.-Jun. sept.-juin
Davis Strait Détroit de Davis	-2	-2	several plusieurs	6	3	Aug. août	Dec.-May déc.-mai	all tous

(1) the sea surface temperature below which 5 percent of the observations lie
température de la mer en surface en-dessous de laquelle se trouvent 5% des observations
(2) the lowest mean monthly sea surface temperature
moyenne mensuelle minimale de la température de la mer en surface
(3) the month(s) in which (2) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels on rencontre les températures données à la colonne (2)
(4) the sea surface temperature above which 5 percent of the observations lie
température de la mer en surface au-dessus de laquelle se trouvent 5% des observations
(5) the highest mean monthly sea surface temperature
la moyenne mensuelle maximale de la température de la mer en surface
(6) the month(s) in which (5) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels on rencontre les températures données à la colonne (5)
(7) the month(s) in which the mean monthly sea surface temperature is less than 0°C
le ou les mois au cours desquels la température moyenne mensuelle de la mer en surface est inférieure à 0°C
(8) the month(s) in which the mean monthly sea surface temperature is less than 5°C
le ou les mois au cours desquels la température moyenne mensuelle de la mer en surface est inférieure à 5°C

TABLE/TABLEAU 5
Air Temperature Statistics
Statistiques sur la température de l'air
(°C)

Area Zone	(1) Minimum	(2) Lowest Mean Monthly Moy. mens. minimale	(3) Month Occur Mois	(4) Maximum	(5) Highest Mean Monthly Moy. mens. maximale	(6) Month Occur Mois	(7) Months Mean < 0 Mois Moy. < 0
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	-20	-1	Feb. fév.	20	18	Aug. août	Feb. fév.
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	-25	-6	Feb. fév.	28	17	Aug. août	Dec.-Mar. déc.-mars
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	-18	-1	Feb. fév.	26	14	Aug. août	Feb. fév.
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	-26	-5	Feb. fév.	26	8	Aug. août	Dec.-Apr. déc.-avril
Davis Strait Détroit de Davis	-30	-11	Feb. fév.	18	4	July, Aug. juil., août	Oct.-May oct.-mai

(1) the minimum observed air temperature
valeur minimale observée pour la température de l'air
(2) the lowest mean monthly air temperature
valeur mensuelle minimale de la température de l'air
(3) the month in which (2) listed above occurs
mois au cours duquel les températures données à la colonne (2) se présentent
(4) the maximum observed air temperature
valeur maximale observée pour la température de l'air
(5) the highest mean monthly air temperature
valeur mensuelle maximale de la température de l'air
(6) the month(s) in which (5) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les températures données à la colonne (5) se présentent
(7) the month(s) in which the mean monthly air temperature is less than 0°C
le ou les mois au cours desquels la moyenne mensuelle de la température de l'air est inférieure à 0°C

B.4 Windchill

As noted in section 2.5, windchill is a function of wind speed and air temperature, and represents the rate of heat loss in watts per square metre from a surface, be it a human body or an inanimate object. A rate of about 1500 watts per square metre is considered to be the threshold above which flesh begins to freeze.

The influence of the sea temperature, since it affects the air temperature, has a modifying effect on windchill values in winter. The degree of modification depends on the distance offshore. In areas with significant ice cover, the moderating effect is reduced. The modification acts in reverse in summer, causing greater windchill with distance offshore, but the values are not dangerous, merely uncomfortable. Table 6 gives statistics of windchill occurrence for several representative areas.

B.4 Froideur du vent

Comme précisé à la section 2.5, la froideur du vent est fonction de la vitesse du vent et de la température de l'air, et représente le taux de perte de chaleur en watts par mètre carré d'une surface, qu'il s'agisse d'un corps humain ou d'un objet inanimé. On considère qu'un taux d'environ 1500 watts par mètre carré est le seuil au-delà duquel la chair commence à geler.

La température de la mer, puisque qu'elle affecte la température de l'air, modifie l'indice de froideur du vent en hiver. L'ampleur de la modification dépend de la distance à laquelle on se trouve des côtes. Dans les zones ayant une importante couverture de glace, l'effet modérateur est réduit. La modification se fait en sens inverse en été, entraînant un indice de froideur du vent plus élevé au large des côtes, mais ces valeurs ne sont pas dangereuses, simplement inconfortables. Le tableau 6 donne des statistiques sur les facteurs de refroidissement du vent pour diverses zones représentatives.

TABLE/TABLEAU 6
Windchill Statistics
Statistiques sur l'indice de froideur du vent
(w/m^2)

Area Zone	(1) Months >1500 w/m² Frequency $>10\%$ Mois >1500 w/m² Fréquence $>10\%$	(2) Most Severe Month % >1500 w/m² Maximal Mois % >1500 w/m²	(3) Month Occur Mois	(4) Maximum
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	Feb. fév.	10	Feb. fév.	2020
Gulf of St. Lawrence Golfe du St-Laurent	Dec.-Mar. déc.-mars	36	Feb. fév.	2360
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	—	7	Feb. fév.	2100
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	Dec.-Mar. déc.-mars	24	Jan. janv.	2370
Davis Strait Détroit de Davis	Nov.-Apr. nov.-avril	45	Jan.-Feb. janv.-fév.	2775

(1) the month(s) where the windchill exceeds 1500 w/m² with a frequency equal to or greater than 10%
le ou les mois ou l'indice de froideur du vent excède 1500 w/m², avec une fréquence égale ou supérieure à 10%
(2) the percent frequency of occurence of windchill greater than 1500 w/m² in the most severe month
fréquence de l'occurrence en % d'un indice de froideur du vent supérieur à 1500 /m², au cours du mois le plus rigoureux
(3) the month(s) in which (2) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les évènements donnés à la colonne (2) se produisent
(4) the maximum observed value of windchill
valeur maximale observée pour l'indice de froideur du vent

B.5 Icing

As noted in section 2.2, icing can occur due to freezing spray, freezing precipitation or rime ice.

Since the main factors contributing to freezing spray are wind speed and air temperature, freezing spray is more likely to occur close to shore where the air temperatures are less likely to have been modified by the sea. As noted in section 2.2.1, freezing spray is most common in ranges of air temperature -2° C to -20° C with wind speeds greater than 13 knots. Moderate to severe icing (>6 cm/24 hr) can occur with sub-freezing temperatures and winds in excess of 25 knots. Freezing spray is not generally reported by ships; therefore, statistics are usually based on the potential for freezing spray. Actual icing rates will depend on the characteristics of the individual vessel, its speed and course. Also, the figures quoted do not allow for the presence of sea ice. If sea ice is present, less of the water surface will be exposed to the wind and wave action will be reduced due to fetch limitations. As a result, the production of flying spray may be greatly reduced.

The probability of freezing precipitation also tends to decrease with distance from land due to the modification of air temperature by the sea. Offshore, most freezing precipitation is associated with frontal activity. Along the coast, onshore wind flows from open water areas over snow and ice surfaces often bring localized freezing precipitation.

Rime is reported very infrequently at ships and rigs. However, the frequency is undoubtedly higher for aircraft. It may occur at any time when the temperature at flight level is below freezing, when in cloud.

Table 7 gives some icing statistics for representative east coast areas.

B.6 Visibility

Fog is the most common obstruction to visibility on the east coast. The main cause of fog in marine areas is the advection of warm moist air over cold water. The cold water cools the overlying air until condensation occurs. This type of fog, called advection fog, is a common occurrence in Canadian waters in all seasons, but is particularly prevalent during the late spring and summer months, when the water is still relatively cold, and warm, moist air

B.5 Givrage

Tel que précisé à la section 2.2, le givrage peut se produire à cause d'embruns ou de précipitations se congelant, ou encore à cause de givre.

Comme les principaux facteurs contribuant à la formation d'embruns verglaçants sont la vitesse du vent et la température de l'air, ce phénomène se produira plus probablement à proximité du rivage où les températures de l'air auront vraisemblablement moins subi l'influence de la mer. Tel que précisé à la section 2.2.1, les embruns verglaçants se produisent plus fréquemment lorsque la température est de -2° C à -20° C, avec une vitesse du vent supérieure à 13 noeuds. Un givrage allant d'une ampleur modérée à forte (6 cm/24 h.) peut se produire avec des températures inférieures au point de congélation et des vents dont la vitesse dépasse 25 noeuds. Généralement, les navires n'enregistrent pas les embruns verglaçants; c'est pourquoi les statistiques sont généralement basées sur l'éventualité de l'occurrence d'embruns verglaçants. La vitesse actuelle du givrage dépendra des caractéristiques de chaque navire, de sa vitesse et de la trajectoire. De plus, les chiffres donnés ne tiennent pas compte de la présence des glaces de mer. En présence de glaces de mer, une moindre surface d'eau sera exposée aux vents et l'action de la vague sera réduite, suite à une limitation du fetch. Par conséquent, la formation d'embruns peut être fortement réduite.

La probabilité d'enregistrer des précipitations verglaçantes a également tendance à décroître au fur et à mesure que l'on s'éloigne des terres, à cause de l'effet de la température de la mer sur la température de l'air. Au large des côtes, la plupart des précipitations verglaçantes sont associées à des fronts. Le long de la côte, le flux de vent du large qui vient de zones d'eau libre souffle au-dessus de surfaces enneigées et glacées, entraînant fréquemment des précipitations verglaçantes localisées.

On enregistre très rarement le givre sur les navires et les plates-formes. Toutefois, sa fréquence est sans aucun doute plus élevée pour un aéronef. Le givre peut se former n'importe quand lorsque la température en vol est inférieure au point de congélation et que l'aéronef se trouve dans un nuage.

Le tableau 7 donne certaines statistiques du givrage pour des zones représentatives de la côte Est.

B.6 Visibilité

La brouillard est l'obstacle le plus commun à la visibilité sur la côte Est. La principale cause de formation du brouillard dans les zones marines est l'advection de l'air chaud humide au-dessus de l'eau froide. L'eau froide refroidit l'air sus-jacent jusqu'à ce qu'il y ait condensation. Ce type de brouillard, appelé brouillard d'advection, se forme souvent dans les eaux canadiennes, quelle que soit la saison, mais est particulièrement fréquent à la fin du

TABLE/TABLEAU 7
Icing Statistics
Statistiques sur le givrage

Area Zone	(1) Maximum % Heavy Spray* Maximum % Forts embruns*	(2) Months Occur Mois	(3) Months With Heavy Spray* Mois avec forts emb.*	(4) Max. % Freez. Precip. Max. % Précipitations verglaçantes	(5) Months Occur Mois	(6) Months With Freez. Precip. Mois avec précipitations se congelant
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	3	Feb. fév.	Dec.-Mar. déc.-mars	0.5 0,5	Feb.-Mar. fév.-mars	Jan.-Apr. janv.-avril
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	31	Feb. fév.	Nov.-Apr. nov.-avril	1.7 1,7	Mar. mars	Nov.-May nov.-mai
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	3	Feb. fév.	Dec.-Apr. déc.-avril	0.4 0,4	Jan.-Apr. janv.-avril	Dec.-Apr. déc.-avril
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	14	Jan. janv.	Nov.-Apr. nov.-avril	1.0 1,0	Feb. fév.	Nov.-May nov.-mai
Davis Strait Détroit de Davis	28	Dec.-Feb. déc.-fév.	Oct.-Apr. oct.-avril	0.8 0,8	Oct. oct.	all tous

* Conditions favorable to the generation of heavy freezing spray
* Conditions propices à la formation de forts embruns verglaçants

(1) the maximum percent frequency of occurence of heavy spray
fréquence maximale en pour cent de l'occurrence de forts embruns
(2) the month(s) in which (1) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les fréquences données à la colonne (1) se présentent
(3) the month(s) where heavy spray has been observed to occur
le ou les mois au cours desquels on a observé de forts embruns
(4) the maximum percent frequency of occurence of freezing precipitation
fréquence maximale en pour cent de l'occurrence de précipitations verglaçantes
(5) the month(s) in which (4) listed above has been observed to occur
le ou les mois au cours desquels on a enregistré les fréquences données à la colonne (4)
(6) the month(s) in which any freezing precipitation has been observed to occur
le ou les mois au cours desquels on a observé des précipitations verglaçantes

is brought northward by the prevailing south-westerly flow. Advection fog can have a large areal extent and can persist for several days. As cooler, drier air invades the region in September, and water temperatures remain warm, the fog frequency decreases dramatically.

A second type of fog occurs during the winter months when very cold air streams over relatively warm water. The warm water evaporates into the cold air rapidly saturating it, thereby causing condensation. This type of fog, usually called steam fog or Arctic sea smoke, tends to be rather wispy and is not usually persistent. It may occur anywhere over the east coast in winter, but is particularly prevalent in northern regions. After October, fog occurrence in northern waters is primarily steam fog.

During winter, visibility may be significantly reduced by snow, but this condition generally does not persist since the snow tends to be in showers or associated with transient low pressure systems.

Visibility statistics for several representative areas are given in Table 8.

B.7 Cloud

Cloud cover is extensive over east coast marine areas in all seasons due to the ready moisture source of the ocean. In summer, the cloud cover in many areas is increased due to the high incidence of advection fog. The frequency is high in winter due to convective cloud associated with cold air overriding warm water. Cloud amounts in winter are reduced in the presence of sea ice cover, due to the reduction in available moisture and surface heating. This is particularly important in the Gulf of St. Lawrence and the western portions of the Labrador shelf, Davis Strait and Baffin Bay.

Table 9 lists cloud cover statistics for several representative east coast areas.

Of more interest than cloud cover, particularly to aircraft operations, is the combination of low cloud ceilings and low visibilities. Ceilings less than 300 feet or visibilities less than ½ nautical mile can seriously curtail aircraft operations. Statistics on flying weather are presented in Table 10.

printemps et en été, lorsque l'eau est encore relativement froide et que l'air chaud et humide est amené du nord par le courant dominant du sud-ouest. Le brouillard d'advection peut être fort étendu et peut persister plusieurs jours. Avec l'arrivée de l'air plus froid et plus sec en septembre, la température de l'eau restant chaude, la fréquence du brouillard diminue considérablement.

Un second type de brouillard se produit en hiver, lorsque de l'air très froid se déplace au-dessus d'une eau relativement chaude. L'eau chaude s'évapore dans l'air froid, le saturant rapidement et entraînant par là même la condensation. Ce type de brouillard, généralement appelé brouillard d'évaporation ou fumée de mer arctique a plutôt tendance à être léger et ne subsite généralement pas longtemps. En hiver, il peut se former n'importe où sur la côte Est mais il se rencontre surtout dans le Nord. Après octobre, le brouillard qui se forme dans les eaux du Nord est surtout du type "brouillard d'évaporation".

En hiver, la visibilité peut être fortement réduite par la neige, mais cela ne dure généralement pas puisque la neige a tendance à tomber sous forme d'averses, ou est associée à des dépressions passagères.

Le tableau 8 présente des statistiques sur la visibilité pour plusieurs régions représentatives.

B.7 Nuage

La couverture nuageuse est importante au-dessus des zones marines de la côte Est, et ce en toute saison, à cause de la source d'humidité toute proche que constitue l'océan. En été, la nébulosité dans plusieurs régions est plus forte vu la fréquence élevée du brouillard d'advection. La fréquence est élevée en hiver à cause des nuages de convection associés à l'air froid se déplaçant au-dessus des eaux chaudes. La nébulosité en hiver est réduite lorsque la mer est recouverte de glaces, étant donné qu'il y a une réduction de l'humidité disponible et de la surface de réchauffement. Ce phénomène est particulièrement important pour le golfe du Saint-Laurent et dans les parties ouest de la plate-forme du Labrador, du détroit de Davis et de la baie de Baffin.

Le tableau 9 regroupe les statistiques de la couverture nuageuse pour plusieurs zones représentatives de la côte Est.

Le facteur qui présente plus d'intérêt que la couverture nuageuse, particulièrement pour les opérations aériennes, est la combinaison d'un plafond de nuages bas et d'une faible visibilité. Un plafond inférieur à 300 pieds ou une visibilité inférieure à ½ mille nautique peut fortement affecter les opérations aériennes. Le tableau 10 présente des statistiques sur les conditions de vol.

TABLE/TABLEAU 8
Visibility Statistics
Statistiques sur la visibilité
(nmi)

Area Zone	(1) Highest Monthly % Visib. < ½ nmi Visibilité mensuelle maximale % < ½ nmi	(2) Month Occur Mois	(3) Average Monthly % Visib. < ½ nmi Visibilité mensuelle moyenne % < ½ nmi	(4) Month Visib. < ½ nmi ≥ 10% Mois visibilité < ½ nmi ≥ 10%	(5) Maximum % Mod/Heavy Snow* Max. % neige mod./forte*	(6) Month Occur Mois
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	34	Jul. juil.	12	Apr.-Aug. avril-août	4	Jan.-Feb. janv.-fév.
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	9	Mar. mars	5	—	5	Dec.-Jan. déc.-janv.
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	44	Jul. juil.	13	Feb.-Sep. fév.-sept.	6	Jan.-Feb. janv.-fév.
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	20	Jun., Jul. juin-juil.	10	May-Aug. mai-août	10	Dec.-Jan. déc.-janv.
Davis Strait Détroit de Davis	20	Feb fév.	7	Jun.-Aug. juin-août	20	Feb.-Mar. fév.-mars

* the occurrence of moderate/heavy snow corresponds to visibility less than ½ nautical mile by definition
* par définition, des précipitations de neige modérées à fortes donnent lieu à une visibilité inférieure à ½ mille marin

(1) the highest monthly percent frequency of occurence of visibility less than ½ nautical mile
fréquence mensuelle maximale en pour cent de visibilité inférieure à ½ mille marin
(2) the month(s) in which (1) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les fréquences données à la colonne (1) se présentent
(3) the mean monthly percent frequency of occurence of visibility less than ½ nautical mile
fréquence moyenne mensuelle en pour cent de visibilité inférieure à ½ mille marin
(4) the month(s) in which the percent frequency of occurence of visibility less than ½ nautical mile is equal to or greater than 10 percent
le ou les mois au cours desquels la fréquence en pour cent de visibilité inférieure à ½ mille marin est égale ou supérieure à 10%
(5) the maximum monthly percent frequency of occurence of moderate or heavy snowfall
fréquence mensuelle maximale en pour cent de chutes de neige modérées ou fortes
(6) the month(s) in which (5) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les fréquences données à la colonne (5) se présentent

TABLE/TABLEAU 9
Cloud Cover Statistics
Statistiques sur la nébulosité

Area Zone	(1) Minimum (%) Obscured or Overcast Minimum (%) Ciel obscurci ou couvert	(2) Month Occur Mois	(3) Maximum (%) Obscured or Overcast Maximum (%) Ciel obscurci ou couvert	(4) Month Occur Mois
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	36	Sep. sept.	57	Jan. janv.
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	34	Aug. août	70	Dec. déc.
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	37	Sep., Oct. sept.-oct.	55	Jun., Jul. juin-juil.
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	25	Sep. sept.	68	Déc., Jan. déc.-janv.
Davis Strait Détroit de Davis	22	Mar. mars	41	May mai

(1) the minimum monthly percent frequency of occurence of obscured or overcast conditions
fréquence mensuelle minimale en pour cent de l'occurrence de ciels obscurcis ou couverts
(2) the month(s) in which (1) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les évènements donnés à la colonne (1) se présentent
(3) the maximum monthly percent frequency of occurence of obscured or overcast conditions
fréquence mensuelle maximale en pour cent de l'occurrence de ciels obscurcis ou couverts
(4) the month(s) in which (3) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les évènements donnés à la colonne (3) se présentent

TABLE/TABLEAU 10
Flying Weather Statistics
Statistiques sur les conditions de vol

Area Zone	(1) Maximum % cig* < 300 ft or vis* < 0.6 mi Maximum (%) plafond < 300 pi vis* < 0,6 mi	(2) Month Occur Mois	(3) Months with >10% Frequency of cig* < 300 ft or vis* < 0.6 mi Mois avec >10% fréquence de plafond < 300 pi vis* < 0,6 mi
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	35	July juil.	all except Feb.-Mar. tous à l'exception de fév.-mars
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	13	July, Dec. juil., déc.	May-July, Dec.-Jan. mai-juil., déc.-janv.
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	47	July juil.	all tous
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	21	July juil.	all except Apr., Sep., Nov. tous sauf avril, sept. et nov.
Davis Strait Détroit de Davis	16	July, Aug. juil., août	June-Aug. juin-août

* cig — ceiling
* vis — visibility/visibilité

(1) the maximum monthly percent frequency of occurence of ceiling less than 300 feet ***or*** visibility less than 0.6 nautical mile
fréquence mensuelle maximale en pour cent d'occurrence d'un plafond supérieur à 300 pieds ***ou*** d'une visibilité inférieure à 0,6 mille marin
(2) the month(s) in which (1) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les évènements donnés à la colonne (1) surviennent
(3) the month(s) in which the percent frequency of occurence of ceiling less than 300 feet ***or*** visibility less than 0.6 nautical miles is greater than 10 percent
le ou les mois au cours desquels la fréquence en pour cent de l'occurrence d'un plafond inférieur à 300 pieds ***ou*** une visibilité inférieure à 0.6 mille marin est supérieure à 10%

B.8 Relative Humidity

Due to the readily available moisture source, relative humidities are very high at sea. The mean humidity tends to be higher with distance from shore due to the modification of the air mass. Areas which have significant ice cover will have reduced humidity in those seasons, due to the reduction in available moisture. On average, humidities are higher in summer due to the influx of warm moist air in the prevailing southwesterly flow. In winter, mean humidities for all areas are about 85%, humidities of 100% are not uncommon, and humidities less than 60% are rare. In summer, the relative humidity is rarely less than 75%.

B.8 Humidité relative

Vu la source toute proche d'humidité, l'humidité relative en mer est très élevée. L'humidité moyenne a tendance à être plus élevée au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rivage à cause de la modification des masses d'air. Les zones fortement recouvertes de glaces auront une humidité réduite durant la saison des glaces, à cause d'une diminution de l'humidité disponible. En moyenne, l'humidité est plus élevée en été à cause de l'influx d'air chaud et humide dans le flux dominant du sud-ouest. En hiver, l'humidité moyenne pour toutes les régions est d'environ 85% bien qu'il ne soit pas rare d'enregistrer une humidité de 100%; toutefois, il est rare d'enregistrer une humidité inférieure à 60%. En été, l'humidité relative est rarement inférieure à 75%.

B.9 Rainfall/Thunderstorms

Convective activity capable of producing heavy rain and thunderstorms in summer is less pronounced over water than over land due to the lack of strong surface heating. Significant convective instability results in winter from cold air streaming off the coast over the warm water. However, snow is more common than rain in these episodes, and thunderstorms are rare. Still, thunderstorms and heavy rains can occur on occasion, particularly associated with frontal systems or tropical storms. Frequencies of thunderstorms and moderate/heavy rain for several representative areas are given in Table 11.

B.9 Pluies/tempêtes

En été, le phénomène de convection capable de produire de fortes pluies et des tempêtes est moins prononcé au dessus de l'eau qu'au-dessus des terres vu l'absence d'une grande surface de réchauffement. En hiver, la forte instabilité due à la convection provient du déplacement de l'air froid, de la côte vers les eaux chaudes. Toutefois, lors de ces évènements, on enregistre plus fréquemment de la neige que de la pluie et les tempêtes sont rares. Néanmoins, des tempêtes et de fortes pluies peuvent se produire à l'occasion, particulièrement lors du passage de fronts ou de tempêtes tropicales. La fréquence des tempêtes et de fortes pluies pour plusieurs zones représentatives sont données au tableau 11.

TABLE/TABLEAU 11
Frequency of Moderate/Heavy Rain and Thunderstorms
Fréquence de pluies fortes et des orages

Area Zone	(1) Highest % Mod/Heavy Rain Maximum % Pluie mod/forte	(2) Month Occur Mois	(3) Highest % Thunderstorms Maximum en % orages	(4) Month Occur Mois
Sable Scotian Shelf Sable-Plate-forme de Scotian	3	May-Aug. mai-août	0.6 0.6	July juil.
Gulf of St. Lawrence Golfe du Saint-Laurent	3	Oct.-Nov. oct.-nov.	1.0 1.0	July-Sep. juil.-sept.
Northern Grand Banks Grands Bancs du nord	4	Sep.-Nov. sept.-nov.	0.3 0.3	July juil.
South Labrador Sea Mer du Labrador, sud	3	May mai	0.2 0.2	July-Aug. juil.-août
Davis Strait Détroit de Davis	1	July juil.	0.1 0.1	several plusieurs

(1) the highest monthly percent frequency of occurence of moderate or heavy rainfall
fréquence mensuelle maximale en pour cent de l'occurrence de pluies modérées ou fortes
(2) the month(s) in which (1) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les évènements donnés à la colonne (1) se produisent
(3) the highest monthly percent frequency of occurence of thunderstorms
fréquence mensuelle maximale en pour cent des orages
(4) the month(s) in which (3) listed above occurs
le ou les mois au cours desquels les évènements donnés à la colonne (3) se produisent